عجائب الفيزيقا

علم وقصص

يتضمن حقائق « علم الطبيعة » فى عبارة سهلة

موضحة بصور ورسوم كثيرة

اهداء الى الجار الكريم والزميل العزيز
الأستاذ الدكتور علي عبد الواحد وافي

من المؤلف
احمد ابو الخير

١٩٣٩/٩/٥

تأليف

أحمد فهمى أبو الخير

ليسانسيه فى العلوم والتربية من مدرسة المعلمين العليا

مدرس العلوم الأول بالمدرسة السنية الثانوية

نال هذا الكتاب جائزة مالية من وزارة المعارف العمومية

فى المباراة العلمية لعام ١٩٣٨ — ١٩٣٩ المدرسى

[الطبعة الأولى]

١٣٥٨ هجرية — ١٩٣٩ ميلادية

القاهرة

مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر

فهرس

صفحة

صفحة

صفحة

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

أما بعد فأقدم إلى قرائى نوعا من أدب جديد ، هو أدب العلوم كما يسميه أهل الغرب ، وهو ذلك الأدب الذى يرمى إلى نشر الثقافة العامية عن طريق شرح العلوم العلمية فى غير تعمق ولا تبذل . والحق إن أدب اللغات قد طغى على أدب العلوم بشكل ريع له العلميون ، فقاموا أخيراً ينشرون بحوثهم فى صيغة تستسيغها الجماهير ، حيث تقرب العلوم العلمية إلى أكبر عدد منهم فتهضمها عقولهم . ومن ثم ظهر ذلك الأدب العلمى الشائق الذى نراه اليوم فى كتابات سلسون وجينز وطمسن وإنفلد وبوانكاريه (العالم لا السياسى) وإدنجتون ولودج وأندريد ومشرفة ومصطفى نظيف وغيرهم من فطاحل العلماء وكبار الأدباء العلميين ، وبلغت تواليفهم من البيان الرائع درجة تستهوى القلوب وتطرب الأسماع .

وسأبسط هذه البحوث فى لغة قد تكون من إنشائى ، وقد تكون مقتبسة أو مترجمة عن هؤلاء الأعلام وغيرهم . أقول هذا لأن العود بالفضل لأهله أولى وأنبل ، وسأترسم خطى هؤلاء الأفذاذ فى هذا السبيل مبتعداً عن صلابة العلم ما أمكن ، فارضاً أن قرائى لا دراية لهم سابقة بالعلوم ، مراعياً حاجة الطالب وغير الطالب مستعيناً بالصور والرسوم . وآمل أن يشعر كل من يقرأ كتابى هذا بلذة فى العلم تثير فى نفسه الرغبة فى الاستزادة منه فى المصادر المطولة الأخرى . والله أسأل أن يسدد خطاى فى سبيل نشر الثقافة العلمية ورفع مستواها بين جميع الطبقات .

أحمد فهمى أبو الخير

القاهرة فى أكتوبر سنة ١٩٣٨

عَجَائِبُ الفِيزِيقَا

عِلمٌ وَقِصَصٌ

الفصل الأول

أرشميـــدس



(شكل ١) أرشميدس

فى البحر الأبيض المتوسط جنوبى إيطاليا تقع جزيرة صقلية ، التى اشتهرت قديماً بمدنها ومعابدها وقصورها ، وحدائقها الغنّاء الوارفة الشجر الدانية الثمر ، وحقولها التى تنبت الحنطة ، وبركانها العظيم — بركان إتنا — الذى تخرج منه سحب البخار والغبار والذى تتدفق منه أحياناً سيول نارية من صخر منصهر ينحدر من فوهته إلى أسفله . ولطالما رجّت الزلازل هذه الجزيرة رجا شديداً ، ولكن أشدها كانت تلك الزلزلة التى خربت بلدة مسينا فى مستهل سنة ١٩٠٨ .

وسرقوسة أكبر مدن صقلية ، يسكنها اليوم خمسة وعشرون ألف نسـمة ، أقامها بناتها على جزيرة صغيرة يصلها جسر عظيم بأمها الجزيرة الكبرى صقلية ذاتها . وكان

سكانها القدماء عشرة أضعاف سكانها الحاليين ، وكانت مساكنها تملأ الرحب منها منتثرة فوق المرتفعات والصخور ، ممتدة على ضفتى النهر الذى يشقها حتى العراء وحتى الأرض التى ينمو فيها نبات البردى الذى كان الأقدمون يصنعون منه ورقاً للكتابة .

فى هذه المدينة وُلد أرشميدس سنة ٢٨٧ قبل الميلاد ، وفيها أقام بعد أن تلقى العلم فى مدينة الإسكندرية ، وكان غنياً عاقلا أريباً ، جمعته بملك الجزيرة « إيرو » صداقة وقرابة . ولو أراد لعاش فى معية ذلك الملك مترفاً مرفهاً معززاً مكرماً ، بين لهو وقصف ، وجد وهزل . ولكن الله رزقه عقلا سما به عن هذه الملاذ الدنيوية ، واتجه به صوب غرض آخر أشرف هو الغرض العلمى البحت للبحث وراء الحقيقة العلمية أنى كانت . وكان يجد فى درس قوانين الطبيعة وكشف أسرارها لذة لا تعدلها لذة .

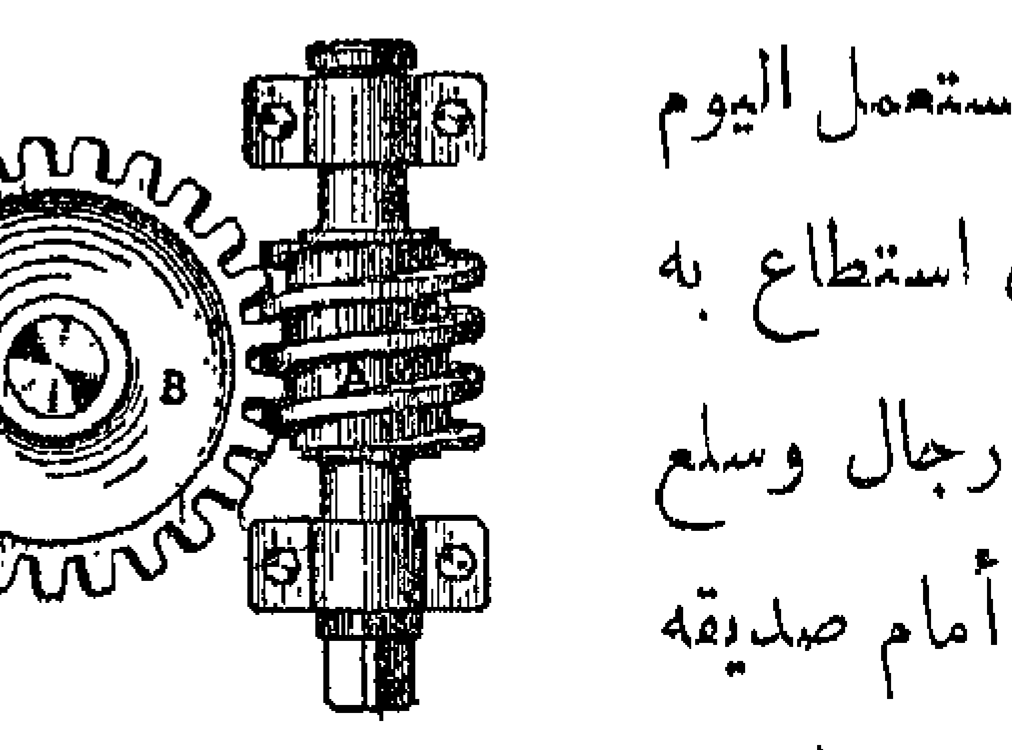
واستعرت الحرب بخصوص هذه الجزيرة الجميلة الخصبة بين الإغريق والرومان وأهل قرطاجة فى أفريقيا ، كل يريد امتلاكها . ولكن إيرو مالكها حالف الرومان ، وكانت القوة فى جانبهم ، فاستطاع أن يحتفظ بملكه فيها خمسين سنة انتعشت فى غضونها التجارة والصناعة فى سرقوسة . ثم رأى أن يبتنى السفن فأنشأ منها عمارة كبيرة اشتملت على أكبر سفينة ظهرت حتى ذلك الوقت ، وجعلت هذه السفن ترود البحار وتمخرها ، فأقلعت إلى مصر وبلاد اليونان ، وأبحرت إلى أفريقيا وإسبانيا وشواطئ فرنسا وإيطاليا تستبدل بالحب والفاكهة الحرير واللآلئ والعنبر والخيول العربية الأصل .

الروافع

وكان أرشميدس يمضى كثيراً من وقته فى الميناء وفى أحواض بناء السفن يرقب البحارة وصانعى السفن أثناء عملهم ، ويساعدهم بمخترعاته الحديثة التى كان قد وصل إليها إذ ذاك . رآهم ينصبون فى رفع الأثقال الضخمة ، فعلمهم كيف يرفعونها دون كبير نصب ولا تعب عن طريق استعمال رافعة أو عتلة يضعون طرفها تحت الحجر الضخم المراد نقله ثم يركزون بها على حجر آخر صغير مجاور للأول ، إذ بذلك يستطيعون استخدام القوة الصغيرة فى قلقلة الثقل الكبير . وقاس أرشميدس القوة التى استخدمت بهذه الطريقة ،

فوجد أنها تكبر كلما زاد طول الرافعة وقل طول المسافة بين الحجر المراد نقله والحجر الذى ترتكز عليه الرافعة . فإذا كانت المسافة بين المرتكز واليد المحركة خمسة أمثال المسافة بين المرتكز والحجر المراد نقله تضاعفت قوة اليد خمسة أمثال ، وبذلك يستطيع رجل واحد أن يرفع حجراً يستدعى رفعه بدون رافعة خمسة رجال . وإذ وصل أرشميدس إلى ذلك جعل يحدث نفسه ويقول : « وإذن كلما أطلنا الرافعة الطول الكافى ما استعصى علينا نقل أى حجر مهما كان ثقله » . وأسرع إلى مليكه يخبره بهذا الكشف . قال : « لو أنك أيها الملك منحتنى مكاناً خارج هذه الأرض أقف فيه لقلقلت لك الأرض كلها » . وكان أرشميدس يعلم بطبيعة الحال أن الأمر ليس هيناً كما قال ، لأن الرافعة التى تلزم لقلقلة الأرض لا بد أن تكون متينة وضخمة تتناسب مع جرم الأرض . وعدا هذا فقد كان يعلم أنه يحتاج أيضاً إلى مرتكز ثابت ترتكز عليه الرافعة ، فضلا عن أن المكان الذى يقف فيه هو نفسه يجب أن يكون ثابتاً لكى يستطيع أن يبذل القوة التى يريدها . ونحن نعلم اليوم أن الأرض تسبح فى الفضاء ، وأنه لا يوجد مكان ثابت مستقر فى أية جهة لأن الكون كله دائب الحركة . وعلى ذلك فنحن بعد هذه السنين كلها وقد زادت على ألفين ومائتين ، لم نستطع إجراء تلك التجربة العظيمة التى اقترحها أرشميدس .

وهناك أشياء أخرى قال بها أرشميدس وتستعمل اليوم بكثرة . مثال ذلك اللولب اللانهائى ، الذى استطاع به أرشميدس أن يسحب سفينة بما عليها من رجال وسلع على الرمل بسهولة كما لو كانت سابحة فى الماء أمام صديقه الملك الذى بهت لذلك وسر له غاية السرور .



(شكل ٢) اللولب اللانهائى

قصة التاج المزغول

وزادت مكانة أرشميدس لدى مولاه وحباه ثقته وعطفه . وكان الملك قد أعطى صائغاً قدراً من الذهب لكى يصوغ له منه تاجاً يهديه أحد المعابد . وعاد الصائغ بالتاج

إلى الملك بعد بضعة أسابيع ، فأمر بوزنه وفعلاً وزن التاج ووجد أن وزنه يعدل وزن الذهب الذى تسلمه الصائغ . غير أن الملك بلغه فيما بعد أن الصائغ قد أخذ لنفسه جزءاً من الذهب ووضع بدله فضة تعدله وزناً . وكان ملكاً عادلاً أريباً فلم يشأ أن يتهم الصائغ دون أن تكون لديه البينة على إجرامه . فأرسل فى طلب أرشميدس وسلمه التاج . وسأله أن يفحصه ليرى إذا كان مخلوطاً بالفضة أو كان ذهباً نقياً خالصاً .

حار أرشميدس فى ذلك الأمر طويلاً وسقط فى يده . لقد وزن التاج فإذا به يجد الوزن صحيحاً . والتاج من جهة أخرى يبرق كأنه صيغ من ذهب خالص فماذا هو صانع ؟ لقد جاء بقطعتين متساويتين حجماً إحداهما من الذهب والثانية من الفضة ، ثم وزنهما فوجد أن وزن قطعة الذهب يكاد يبلغ ضعف وزن قطعة الفضة . فقال فى نفسه : « لو أننى أصهر التاج فأجعله كتلة مصمتة مكعبة الشكل مثلاً ، ثم أجىء بقطعة من الذهب الخالص تضاهى هذه الكتلة حجماً ، فإن وزنيهما يتساويان لو كان التاج من الذهب الخالص . فإذا لم يكن قد صيغ منه فكتلة التاج تكون بلا شك أخف » . ومر بخاطره أن يصهر التاج ، ولكنه كان جميل الصنع فرغب عن صهره . ولو أنه حصل على حجم المادة المكونة له لاستطاع بسهولة أن يعرف ما إذا كان ذهباً خالصاً أو مزغولاً . فكانت العقدة إذن كيف يعين حجم مادة التاج دون أن يصهره .

وكان من عادة أرشميدس أن يتابع بحث كل مسألة تعترضه فلا يشغل نفسه بغيرها حتى يصل إلى حلها . ولذا كان يرى أحياناً يخط على رماد الموقد خطوطاً ودوائر لكى يصل منها إلى حل مسألة هندسية ، وأحياناً وهو فى الحمام وعبيده يدلكون جسده بالزيت زيادة فى ملاسته ، كان يخط بأصابعه أشكالا على طبقة الزيت التى تغطى بشرته . أى أنه كان ينصرف بكلياته وجزئياته إلى المسألة التى بين يديه إلى أن يحل عقدتها .

وحيرته كثيراً مسألة التاج هذه . ففى ذات يوم وهو فى الحمام ورد الحل على خاطره ، وكان من عادته أن يغتسل فى حوض كبير يسع جسمه كما هى عادة الإغريق . وكان الحوض مملوءاً بالماء حتى الحافة ، فلما قفز إليه فاض الماء من جميع الجوانب ، وكان قد غاص بجسمه كله فى الماء من رأسه إلى أخمص قدميه . ولما خرج من الحوض وجد

أن الماء لم يملأه حتى الحافة كسابق أمره ، بل انخفض سطحه كثيراً تحت الحافة . ألا يعدل حجم الماء الذى سال حجم جسمه بالضبط ؟ عندئذ وضح الأمر وحل اللغز الذى طالما فكر فيه . لقد عثر على طريقة لتعيين حجم جسمه هو دون أن يحيل نفسه كتلة مصمتة ، فلماذا إذن لا يحصل على حجم التاج بنفس الطريقة ؟

وجن من فرط سروره بكشفه الجديد ، وخرج من الحمام عارياً كما يقول الرواة ، والماء يقطر من جسده مذهولاً لا يعى ، ومضى يصيح : « لقد وجدتها ، لقد وجدتها » ، يريد بذلك أنه وصل إلى حل اللغز .

وأسرع إلى وعاء كبير وملأه حتى الحافة ، ثم غمر فيه التاج ففاض من الوعاء بعض الماء ، ولما أخرج التاج انحسر سطح الماء منخفضاً أسفل الحافة داخل الوعاء . ثم جاء بكأس معلومة السعة ، وكال بها الماء اللازم لملء الوعاء إلى الحافة من جديد . فحجم هذا الماء يعدل بالضبط حجم التاج .

ثم أخذ قدرين من الفضة والذهب يساوى وزن كل منهما وزن التاج . ثم صهر كل كتلة على حدة ، فكان لديه بذلك ثلاثة أشياء متساوية فى الوزن : قطعة من الذهب ، وأخرى من الفضة ، ثم التاج الذى صنعه الصائغ . وبعدئذ غمر قطعة الذهب فى إناء مملوء بالماء حتى الحافة فأزاغت قدراً منه ، ثم غمر قطعة الفضة فى الماء فوجد أنها أزاغت من الماء ضعف ما أزاغته الأولى تقريباً . وأخيراً غمر التاج فى الوعاء بعد ملئه ، فوجد أن الماء الذى أزاغه أكثر من الماء الذى أزاغته قطعة الذهب ، وأقل من الماء الذى أزاغته قطعة الفضة . وبذلك أثبت أن التاج ليس من الذهب الخالص ، بل يشتمل على قدر من الفضة .

واستطاع فى النهاية أن يصنع سبيكة من الذهب والفضة المخلوطين تزيغ من الماء قدر ما يزيغه التاج بالضبط . وذهب بعدئذ إلى مولاه وأخبره بما يحتويه التاج بالضبط من الفضة ، وبمقدار ما سرقه الصائغ من الذهب .

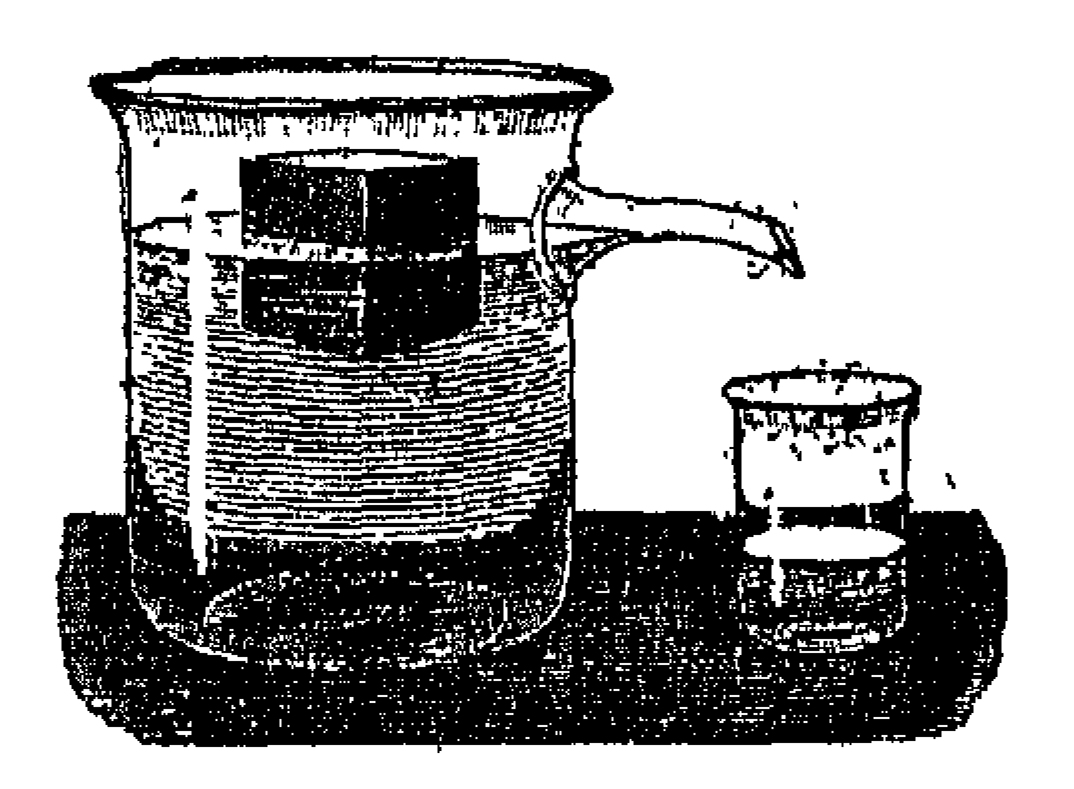
فشكر الملك لصديقه النابه صنيعه مشيداً بفضله وعلمه ، وأرسل يطلب الصائغ ، فلما مثل بين يديه أخبره بأنه كشف أمره . فاعترف الصائغ بجرمه أزاء ما جوبه به من

الحقائق ، واسترد منه الملك الذهب المسروق ، وأمر بسجنه .

قاعدة أرشميدس الشهيرة

وتابع أرشميدس تجاربه يجريها على مختلف المواد والأجسام . فجعل يزن أجساماً معلقة فى الهواء ، ثم معلقة فى الماء ، ووجد أن الأجسام إذا وزنت وهى معلقة فى الماء بخيط يربط فى الميزان فإن أوزانها وهى كذلك تقل عن أوزانها وهى معلقة فى الهواء . ووجد أن الفرق بين الوزنين يعدل وزن الماء الذى يزيغه الجسم .

ثم مضى يجرى تجاربه على أجسام تطفو على الماء كالخشب ، فجاء بكأسه الشهيرة باسمه ، وهى كأس لها فتحة ينبثق منها صنبور ، ثم صب فيها الماء حتى تدفق من الصنبور . ووضع الكأس بمائها فى كفة ميزان ووازنها فى الكفة الأخرى بأثقال أحدثت الاتزان المطلوب . ثم أخذ الكأس من الكفة تاركا الأثقال فى الأخرى .



(شكل ٣) كأس أرشميدس

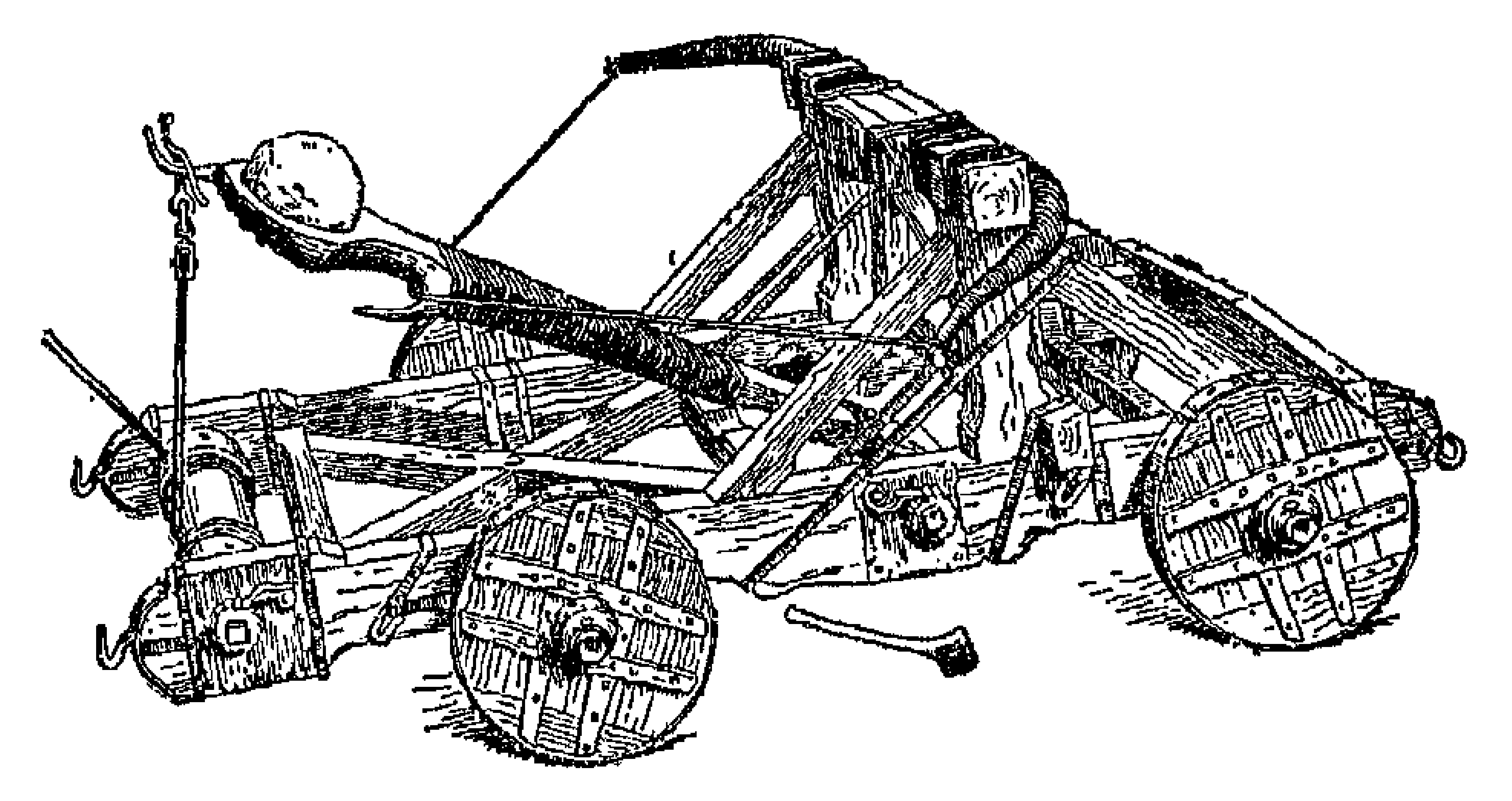
وجاء بقطعة خشب سبق له أن وزنها ، ورمى بها فى الكأس فطفت على مائه بعد أن تدفق خلال الصنبور بعض الماء الذى جمعه فى كأس أخرى . ثم وضع الكأس من جديد بمحتوياتها من ماء وخشب طاف فوقه فى كفتها فاتزنت مع الأثقال السابقة الموجودة فى الكفة الأخرى . وإذن فقطعة الخشب لم تزد فى وزن الكأس وما بها من ماء ، لأن وزنها يعدل وزن الماء الذى تدفق والذى جمعه فى كأس أخرى على حدة .

وعندئذ وضع أرشميدس قاعدته الشهيرة فى بضع كلمات هى « كل جسم يقل وزنه فى الماء بقدر وزن ما يزيغه من هذا الماء ، وكل جسم يطفو على الماء يزيغ منه ما يعدل حجمه حجم الجزء المغمور وما يعدل وزنه وزن الجسم الطافى كله » . وقاعدته هذه صحيحة إذا استبدل بالماء أى سائل آخر .

وينسب إليه اختراع الطنبور المستعمل الآن فى رى الأرض ، وهو شائع الاستعمال فى مصر كلها .

وفاته

وامتد زمن السلم فى صقلية بعد محالفتها الرومان خمسين سنة ، فلما نقض هؤلاء محالفهم وأغاروا على سرقوسة وكل أمر الدفاع عنها إلى أرشميدس . فصنع آلة حربية ضخمة كانت تمطر الجيش المهاجم بالصخور الضخمة التى تغرق كل سفينة تصيبها . وتلك كانت آلة المنجانيق التى ذاع استعمالها فى العصور القديمة ، واستخدمها العرب فيما بعد فى دك الحصون والقلاع . وقيل إنه اخترع المرايا المحرقة التى استطاع بها إحراق الأسطول الرومانى عن بعد . وهو قول فيه كثير من المبالغة التى تخرجه عن حد التصديق .



(شكل ٤) المنجانيق

وما وسع مارسيلوس القائد الرومانى المهاجم إلا أن يعجب بعبقرية ذلك المهندس السرقوسى العظيم الذى عاق الرومان عن الاستيلاء على المدينة زمناً طويلا . فلما سقطت بعد كفاح طويل أمر جنوده ألا يمسوا أرشميدس بسوء ووافاه أحد الجند وكان منكبا على حل مسألة هندسية عرضت له فشغل بها كدأبه عن كل ما عداها ، وكان يخط بعصاه على الرمل أشكالا . فلما سأله الجندى عن اسمه أومأ إليه أن ينتظر حتى ينتهى من حل المسألة الهندسية التى شغلته ، وطلب إليه ألا يطمس بقدميه الأشكال والدوائر التى خطها فوق الثرى . فلم يفهم الجندى الرومانى حديثه ، وما كان منه إلا أن طعنه فأرداه قتيلا .

ولما علم القائد الرومانى مارسيلوس بمقتله حزن عليه حزناً شديداً ، ورأى أن يكفر عن ذلك ، فأكرم ذويه أبلغ إكرام .

ودفن أرشميدس فى سرقوسة ، ووضع على قبره أثر لتمجيد ذكراه . وهذا الأثر لوحة رسم فوقها اسطوانة تغلف كرة ، فقد كان من كشوفه فى علم الهندسة أن حجم الكرة التى تغلفها اسطوانة ارتفاعها يساوى قطر الكرة يعدل ثلثى حجم الأسطوانة . والحق أنه أثر رمزى جدير بأن يوضع على قبر رجل يعد من أكبر رجال العلم الرياضيين الفيزيقيين الذين ظهروا فى الوجود . ولما زار الخطيب الرومانى العظيم شيشرون بلدة سرقوسة بعد ذلك بمائة وأربعين سنة وجد قبر أرشميدس قد علته الحشائش والأشواك ، فأخذ على أهل سرقوسة إهمالهم ذكرى أنبه رجالهم وأرسخهم قدماً فى العلوم ، وأبدى أسفه القرون بالألم على أن وفاة هذا العبقرى العظيم كانت على يد جندى رومانى طائش سبب للعالم العلمى فى ذلك الزمن فجيعة كبرى .

والفضل ما شهدت به الأعداء .

الفصل الثاني

علماء الإسكندرية الأقدمون

لما تغلب الإسكندر الأكبر على الجيوش المصرية ، ودان له وادى النيل ، رأى أن يشيد مدينة كبيرة فى مصر يتخذها قاعدة لملكه . فسار بسفنه فى البحر الأبيض المتوسط فى محاذاة الشاطئ المصرى ماراً بمصبى النيل عند دمياط ورشيد ، حتى وصل إلى مكان رآه أوفق الأمكنة وأنسبها لغرضه . وكان ذلك المكان يفاعاً ضيقاً من الأرض يمتد على شاطئ البحر ، ومن ورائه بحيرة عظيمة ، ومن أمامه جزيرة صغيرة ، فقال الإسكندر : « هنا تكون عاصمة ملكى ، وليكن اسمها الإسكندرية بعد اسمى » . وأرسل على الفور إلى مهندسه المعمارى دينوقراط ، وسأله أن يختط المدينة الكبيرة الجديدة شوارعها وطرقها ، وأن يضع رسوماً لدورها وقصورها . فأطاع الرجل مولاه ، ووضع الرسوم اللازمة لذلك ، ثم جىء له بالمال والرجال لكى ينهض بذلك المشروع العظيم . وخطّت الشوارع مستقيمة واسعة ، وحفرت القنوات لتصل البحيرة بالبحر وبالنيل ، ومن ثم تيسر إيجاد مأوى تأوى إليه السفن إذا عصفت العواصف ، وهبت الزعازع .

ثم وصلت الجزيرة بالمدينة بجسر يبلغ الميل طولا ، وبُنى فوق الجزيرة فنار يبلغ ارتفاعه أربعمائة قدم ، وكان يشبه برجاً مستديراً . وأمر الإسكندر أن توقد فوقه باستمرار نار عظيمة ترشد السفن إلى الميناء بدخانها نهاراً وبلهبها ليلا . وكان ذلك الفنار أول فنار بنى حتى ذلك الوقت ، ويقال إن ما صرف فى بنائه بلغ حوالى ربع مليون من الجنيهات .

ومرت بعد ذلك على الإسكندرية خمسون سنة ، أصبحت فى غضونها مركزاً هاماً للتجارة . ولا يخفى أن مصر بعد موت الإسكندر وقعت فى حوزة قائده بطليموس الذى

أسس دولة البطالمة فى مصر . وكان ملوك هذه الدولة والحق يقال من ناصرى العلم والفلسفة . وأسس بطليموس الثانى ، وهو ثانى ملوك دولة البطالمة تلك ، مكتبة الإسكندرية الشهيرة ، فاحتفظ لعاصمة ملكه بمقام الصدارة فى العلم والتعليم ، وظلت محتفظة بمكانتها هذه أكثر من ستمائة سنة .

وسلمت من التلف والضياع مؤلفات الإغريق ومصنفاتهم ، حيث وضعت فى مكتبة الإسكندرية . وجاء بطليموس الثالث ملك مصر فجعل يرغم كل غريب يفد على الإسكندرية على أن يترك نسخة من كل كتاب يكون معه لكى تحفظ فى دار الكتب . ثم ابتنى متحفاً كان بمثابة معهد يشبه كل الشبه الجامعات الحالية ، فكان أول ما رأى العالم من الجامعات ، ويعرف فى التاريخ بمتحف الإسكندرية . وكان هذا المتحف يحتوى على مساكن للأساتذة ، وعلى حجرات لإلقاء المحاضرات ، وعلى مطعم واسع وغرف للتشريح كان يدرس فيها الطب ، ومرصد فلكى مجهز بما عرفه أهل ذلك الزمان من الأدوات والآلات الفلكية ، ومعمل للكيمياء قيل إن الملك أسسه على أمل أن يكشف له الكيماويون أكسير الحياة ، لأنه ما كان يخشى إلا الموت . ونمت الجامعة وترعرعت وصارت كعبة يقصدها طلاب العلم والفلسفة من جميع الأنحاء . وكان إقليدس واضع علم الهندسة من بين هؤلاء ، وكان منهم شعراء ونقدة ومؤرخون . وترجمت إلى الإغريقية كتب كثيرة جىء بها من جميع أنحاء العالم ، ومن بين هذه الكتب التى ترجمت « العهد القديم » الذى يقال إن سبعين كاتباً استخدموا فى نسخه .

أرسطرخوس Aristarchus

وكان أرسطرخوس (سنة ٢٧٠ قبل الميلاد) ، أول فلكى سكندرى قدر المسافة بين الشمس والأرض بالنسبة لبعد الأرض عن القمر . فهو عرف أن القمر كرة مستديرة ، وأن أشكاله أو أوجهه التى تراها العين ، إنما يحدثها ضوء الشمس الساقط عليه على جملة زوايا مختلفة ، فراقبه وهلاله يكبر يوماً عن يوم حتى بلغ بالضبط نصف دائرة ، وعين مقدار الزاوية التى رأسها عين الراصد وأحد ضلعيها ينتهى بمركز القمر والآخر بمركز الشمس ،

فوجدها ٨٧° أى أقل من قائمة بثلاث درجات . ثم رسم على الورق مثلثاً قائم الزاوية وإحدى زاويتيه الأخريين ٨٧° ، فرأس هذه الزاوية تعين موضع الأرض ، ورأس القائمة تعين موضع القمر ، وتعين الثالثة موضع الشمس . وقاس أضلاع هذا المثلث فوجد أن الشمس تبعد عن الأرض قدر بعد القمر عنها ثمان عشرة أو تسع عشرة مرة . ولكنها فى الحقيقة قدرها أربعمائة مرة . فإذا لاحظنا أنه لم يكن لدى الأقدمين آلات دقيقة ، وأن من الصعب — إن لم يكن من المستحيل — أن نعرف بالضبط اللحظة التى يكون فيها القمر نصف دائرة ، عذرنا أرسطرخوس فى خطأ حسابه . على أن أرسطرخوس من جهة أخرى قد وجد أنه يمكن أن يحيط بالأفق الذى نراه سبعمائة وعشرين شمساً — وهذا قريب جداً من الحقيقة . ولكن رجال العلم يشيدون بذكر الرجل لطرائقه الحاذقة البديعة التى ابتكرها لإيجاد بعد الشمس وتعيين حجمها ، ولأرصاده المضنية التى أجراها وإن تكن تقديراته غير سليمة .

اراتستين Eratosthenes

ومن الذين نبه ذكرهم بين فلكيي الإسكندرية إراتستين خازن دار الكتب الذى توفى سنة ١٩٦ قبل الميلاد . كان أول من عين حجم الأرض إذ كان القول بكرويتها معمولا به فى عهده . وكان من عادته أن يسافر فى النيل على سفن شراعية فلاحظ أنه كلما أوغل السير فى أعالى النيل ، ظهرت له فى السماء نجوم جديدة ناحية الجنوب ، واختفت بالتدريج النجوم الشمالية . فزاده هذا اقتناعاً بأن الأرض كالقمر كرة مستديرة ، ورأى بثاقب فكره أنه إذا استطاع أن يمضى قدماً إلى ما بعد أعالى النيل متجهاً صوب الجنوب فإنه يدور حول الأرض عائداً إلى الإسكندرية قادماً إليها من الشمال . ولكن هل يلزم لكى نقيس محيط الأرض أن نسيح حولها ؟ كلا بل يكفى قياس جزء من الدائرة لقياس الدائرة كلها . فإذا ما قاس شخص ارتفاع نجم جنوبى من نقطة ما ثم سار صوب الجنوب مسافة حتى بلغ نقطة أخرى وقاس منها ارتفاع النجم أمكنه بوسائل رياضية أن يعلم ما إذا كانت المسافة التى سارها خطاً مستقيما أو قوساً فى دائرة ، واستطاع أن يوجد محيط هذه الدائرة بتعيين مقادير بعض الزوايا .

وفعلا سار إراتستين من الإسكندرية حتى بلغ شلال أسوان ، وقدر البعد بين الإسكندرية وأسوان بتقدير الزمن الذى تستغرقه قافلة فى سفرها من الواحدة إلى الأخرى فوجدها حوالى ٨٤٠ كيلو متراً . ثم وجد أن الشمس عند منتصف النهار تكون فى أسوان أعلى منها فى الإسكندرية بمقدار ٧ درجات تقريباً ، أى حوالى جزء من خمسين جزءاً من دائرة كاملة ، فاستنتج الرجل أنه إذا واصل السير جنوبا مسافة تساوى المسافة التى قطعها خمسين مرة فإنه يكون قد دار حول الأرض دورة كاملة ، وبذلك يكون قد قطع مسافة قدرها اثنان وأربعون ألف كيلو متر . ولكن المحيط الحقيقى للأرض حوالى ثمانية وثلاثين ألف كيلو متر . وبذلك لا يكون هذا العالم الإسكندرى قد ابتعد كثيراً عن الحقيقة ، وكان فى وسعه أن يصل إلى الجواب الصحيح لو أنه أدرك أن أسوان ليست فى الواقع جنوبى الإسكندرية بالضبط ، بل إنها تنحرف قليلا نحو الشرق ، فكان هذا الانحراف باعثاً على ازدياد طول المسافة التى سارها ، فعلى ازدياد طول المحيط من ثم .

وكانت خاتمة هذا الفلكى السكندرى محزنة ، ففى آخر أيامه فقد بصره ، ففقد قوى الملاحظة ، وقد أمضه هذا كثيرا فانتحر لأن الحياة بغير متابعة البحث والدرس أصبحت فى اعتقاده غير مجدية والحال كذلك .

أبرخس Hipparchus

واشتهر من بعده فى العصر الاسكندرى العالم اليونانى أبرخس (١٩٠ — ١٢٥ قبل الميلاد) ويعد هذا الرجل أكبر علماء الفلك فى التاريخ القديم ، ولا يقل أثره فى علم الفلك القديم عن أثر العالم نيوتن فى علم الفلك الحديث . فهو أول من قال بالحركة المستديرة التى تكون الأرض فيها فى الوسط والكواكب من حولها . وكان أول من كشف الظاهرة الفلكية المعروفة بمبادرة الاعتدالين والتى تنشأ عن تغير طفيف مستمر يطرأ على اتجاه محور الأرض ، ولا يجعل من النجم القطبى الحالى نجماً يدل على القطب حقيقة . ويدل الحساب على أن النجم المسمى النسر الواقع ، وهو أشد النجوم تلألؤاً فى النصف الشمالى من القبة السماوية ، سيكون نجمنا القطبى بعد ما يقرب من اثنتى عشرة ألف سنة . على

أن أقدم النجوم القطبية التي حدثنا التاريخ عنها هو نجم الثعبان ، ومما لا شك فيه أن هذا النجم كان نجمنا القطبي أيام بنى الهرم الأكبر ، فإن بهذا الهرم بهواً مائلا يتجه إلى نقطة تحت القطب بمقدار ثلاث درجات واثنتين وأربعين ثانية ، وإذن يلزمنا أن نبحث عن التاريخ الذى كان فيه نجم الثعبان هذا يبعد عن القطب بهذا القدر إن أردنا معرفة تاريخ بناء الهرم . ويدل الحساب على أنه كان أقرب ما يمكن إلى القطب الشمالى حوالى سنة ٢٨٠٠ قبل الميلاد . ومن الغريب أن البينات التاريخية تدل على أن الهرم الأكبر بنى فى تاريخ قريب من سنة ٢٨٠٠ فقد جاء فى كتاب كمبردج فى التاريخ القديم أن الهرم الأكبر بنى حوالى سنة ٣١٠٠ قبل الميلاد ، وبذلك يكون بناء الهرم قد تقدم بذلك التقدير عن التقدير الفلكى بثلاثة قرون .

بطليموس القلوذى Claudius Ptolemy

وظهر بطليموس القلوذى حوالى منتصف القرن الثانى بعد الميلاد ، وألف كتابه « المجسطى » الذى ظل مرجعا لعلماء الفلك حتى عصر النهضة . والفكرة الأساسية فى هذا الكتاب أن الأرض كرة تدور حولها الأجرام السماوية ، وأن أقرب الأجرام إليها القمر ، يليه عطارد فالزهرة فالشمس فالمريخ فالمشترى فزحل فالنجوم الثوابت .

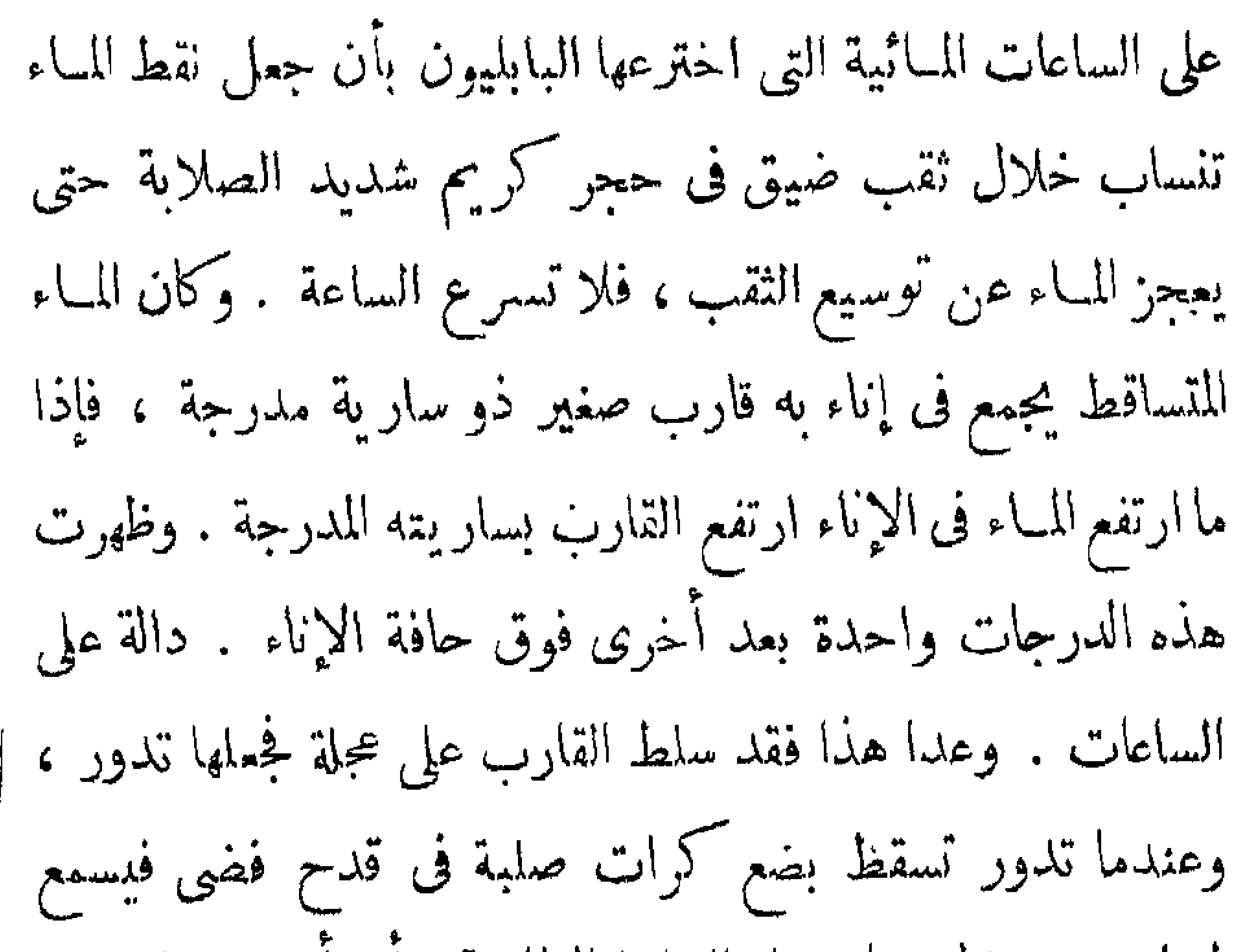
تسبيوس Ctesibius

ولم تتمخض الحركة العلمية فى الإسكندرية عن الكشوف العلمية التى مر ذكرها فحسب بل كان من نتائجها بعض المخترعات التى لا يزال يستفيد منها العالم إلى وقتنا الحاضر. واشتهر فى هذا المضمار العالم المخترع تسبيوس . ظهر قبل الميلاد بقرن ونيف ، وله مخترعات عدة منها « السحارة » أو سارقة الماء التى تسمى الآن « السيفون » أو « الممص » وهذه السحارة أنبوبة منثنية مفتوحة الطرفين يوضع أحد طرفيها فى الماء ثم يمص الماء من الطرف الثانى إلى أن يصل إليه ويتدفق منه ، فلا يزال يتدفق حتى ينكشف الطرف الذى فى الماء . ويشترط أن يكون الطرف الذى يمص الماء منه أسفل من سطح الماء . ومن مخترعاته أيضاً المضخة الكابسة ، ويقال إنه صنع مضخة للحريق كانت تتركب

كالمعتاد من مضختين كابستين ، ولكنها خلت من مستودع الهواء المضغوط ، فلم يكن يندفع الماء منها باستمرار كما هو الحال فى مضخة الحريق الحديثة . أما المضخة الماصة فقد كانت معروفة من قبل ولكن مخترعها غير معروف ، وسيلى ذكر ذلك فيما بعد .

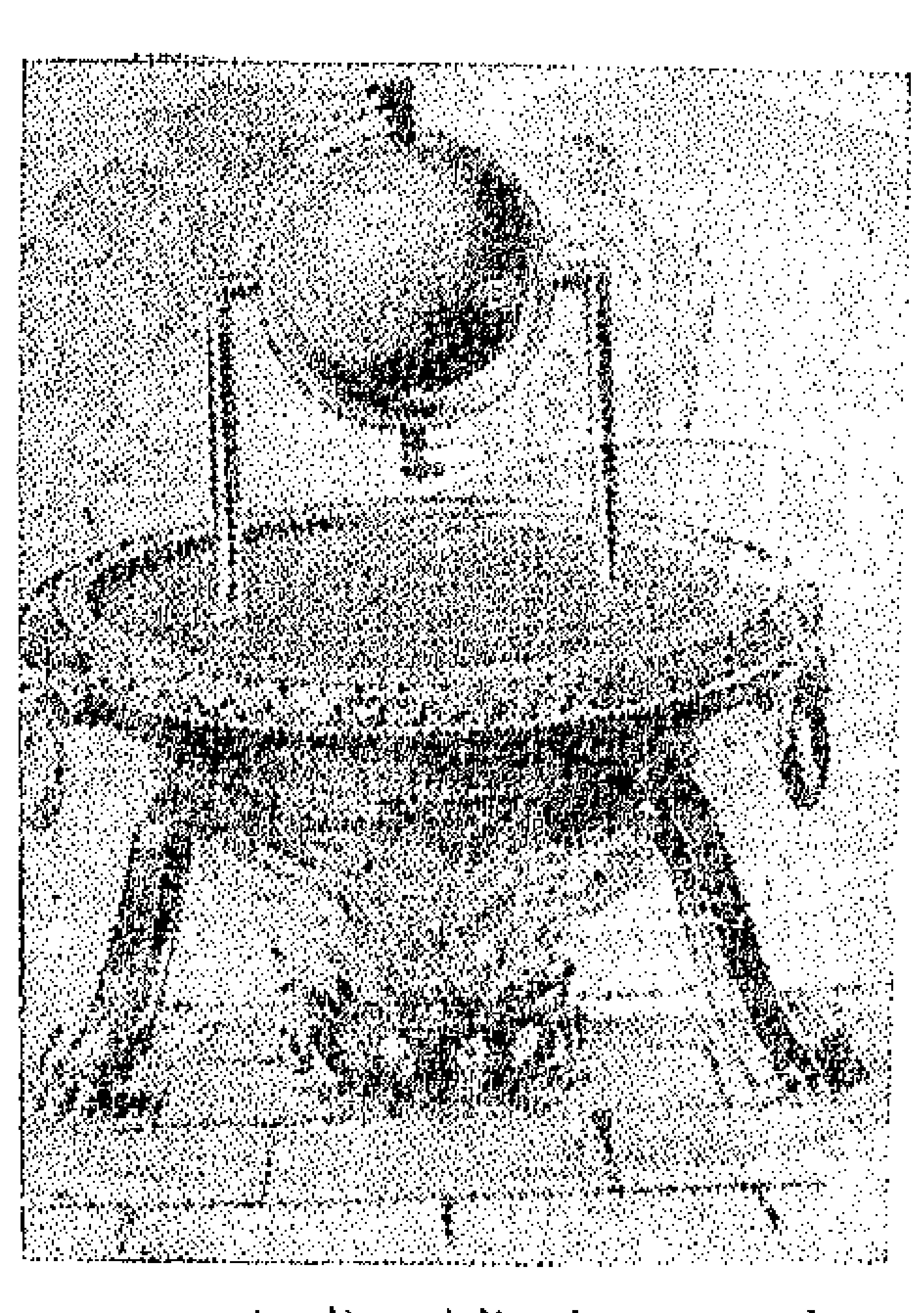
ايرون Heron

ومن أفذاذ العلماء السكندريين إيرون ، وكان موظفاً فى المكتبة ، يحاضر فى الميكانيكا والبصريات والمساحة ، وله عدة مخترعات كانت عجائب عصره . أدخل تعديلا على الساعات المائية التى اخترعها البابليون بأن جعل نقط الماء تنساب خلال ثقب ضيق فى حجر كريم شديد الصلابة حتى يعجز الماء عن توسيع الثقب ، فلا تسرع الساعة . وكان الماء المتساقط يجمع فى إناء به قارب صغير ذو سارية مدرجة ، فإذا ما ارتفع الماء فى الإناء ارتفع القارب بساريته المدرجة . وظهرت هذه الدرجات واحدة بعد أخرى فوق حافة الإناء . دالة على الساعات . وعدا هذا فقد سلط القارب على عجلة فجعلها تدور ، وعندما تدور تسقط بضع كرات صلبة فى قدح فضى فيسمع لها صوت تدل دقاته على الساعة المطلوبة . أى أن تلك الساعة المائية صارت بعد تعديل إيرون ساعة دقاقة تدق كالساعات فى أيامنا هذه .

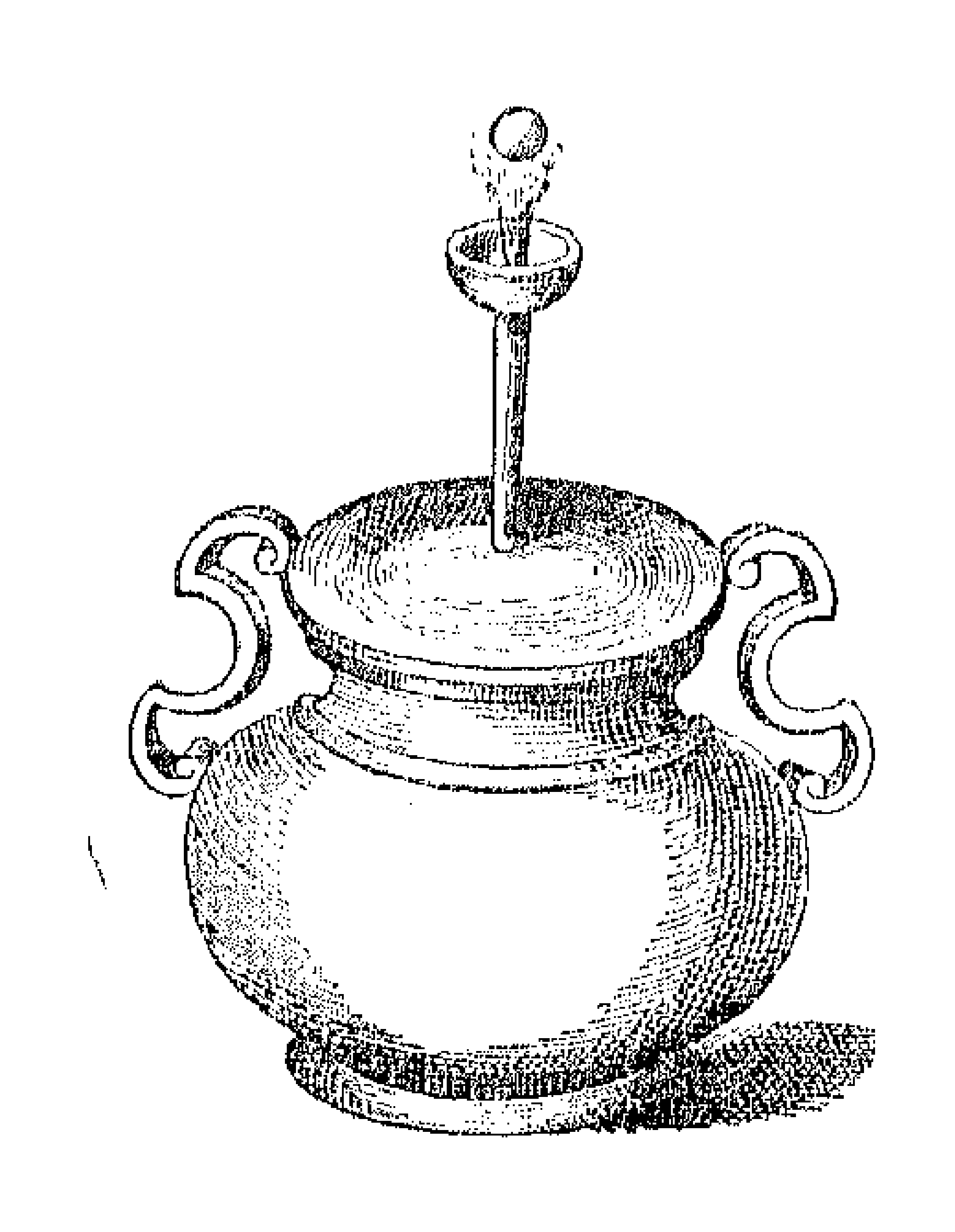


(شكل ٥) الساعة المائية

ومن أشهر مخترعاته البارم البخارى ، وهو تلك الآلة البخارية التى تتألف من كرة جوفاء تدور حول قطرها وتخرج منها أنبوبتان عند نهايتى قطر آخر عمودى على محور الدوران ، وانثنت كل منهما قبل نهايتها بزاوية قائمة فى اتجاهين متضادين . فإذا ما وصل البخار إلى الكرة من خلال القائمين الرأسيين اللذين يحملانها اندفع من فوهتى الأنبوبتين مصطدماً بالهواء الخارجى ، ودارت الكرة فى الاتجاه العكسى . وفى جهاز بخارى آخر له توضع كرة فوق أنبوبة رأسية مجوفة متصلة بمرجل ، فالكرة تعلو عند دفع البخار لها ثم تهبط لتسرب البخار . ثم يتوالى ارتفاعها فانخفاضها ما دام البخار موجوداً .



(شكل ٦) البارم البخارى

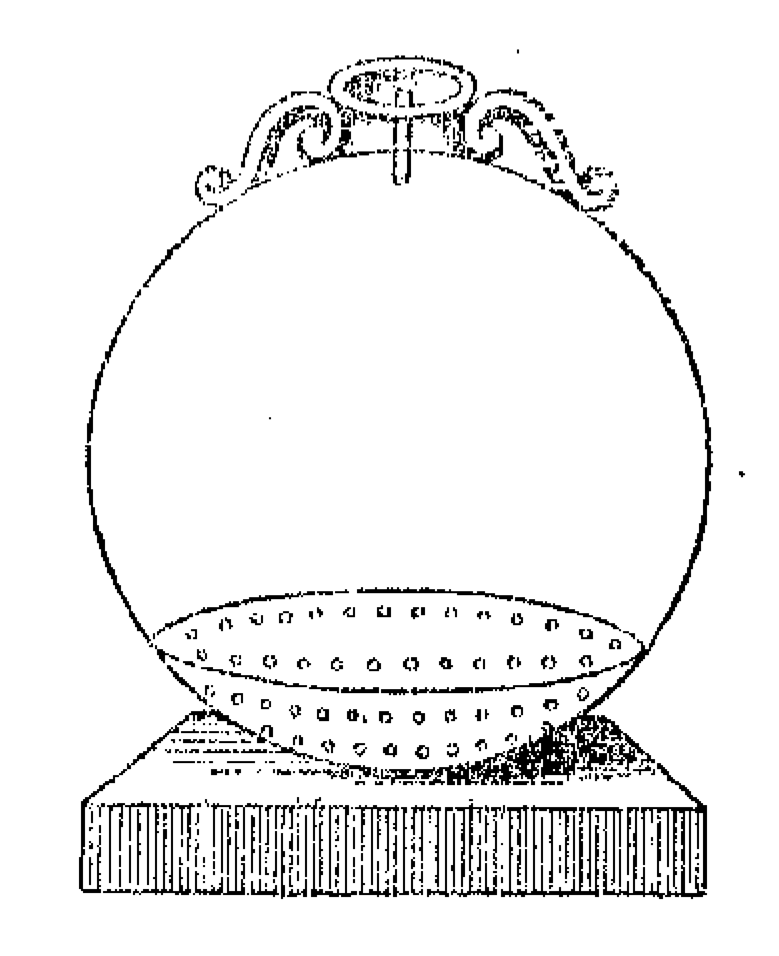




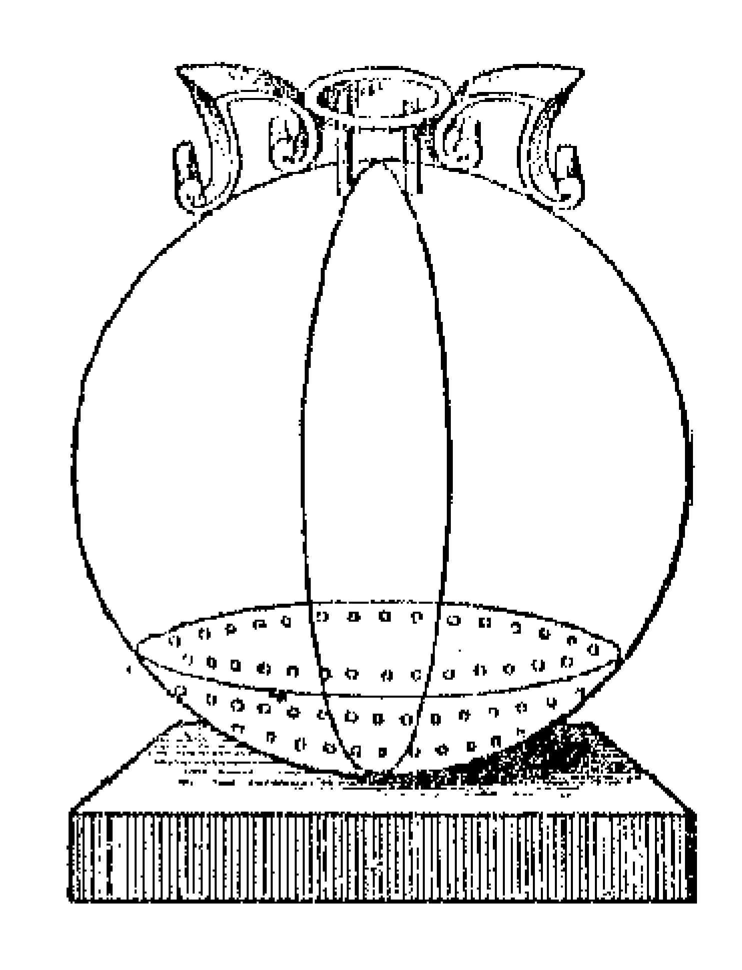
(شكل ٧) الكرة القافزة

ووجد إيرون أنه إذا غمرت أنبوبة مفتوحة الطرفين فى ماء ، ثم سد طرفها العلوى بالإصبع ورفعت إلى أعلى فإن الماء لا ينسكب من الطرف الأسفل إلا إذا رفع الإصبع عن الفوهة العليا . وعلى أساس هذا الكشف صنع الوعاء المعروف باسم الكأس المسحورة ، حيث يكتفى فى ملئه بغمره فى الماء ، ثم تسد فتحته العليا بالإصبع ، ثم يرفع إلى خارج الماء . ويخرج الماء من أسفله خلال ثقوب صغيرة إذا ما رفع الإصبع .

وكان بعض الأوانى التى من هذا الطراز يقسم قسمين بفاصل رأسى ، ويملأ أحدهما بنفس الطريقة ماء ويملأ الآخر خمرا . وكان من عادة الإغريق أن يمزجوا الخمر بالماء ، ويقدموا المزيج قربانا لآلهتهم فى المعابد .

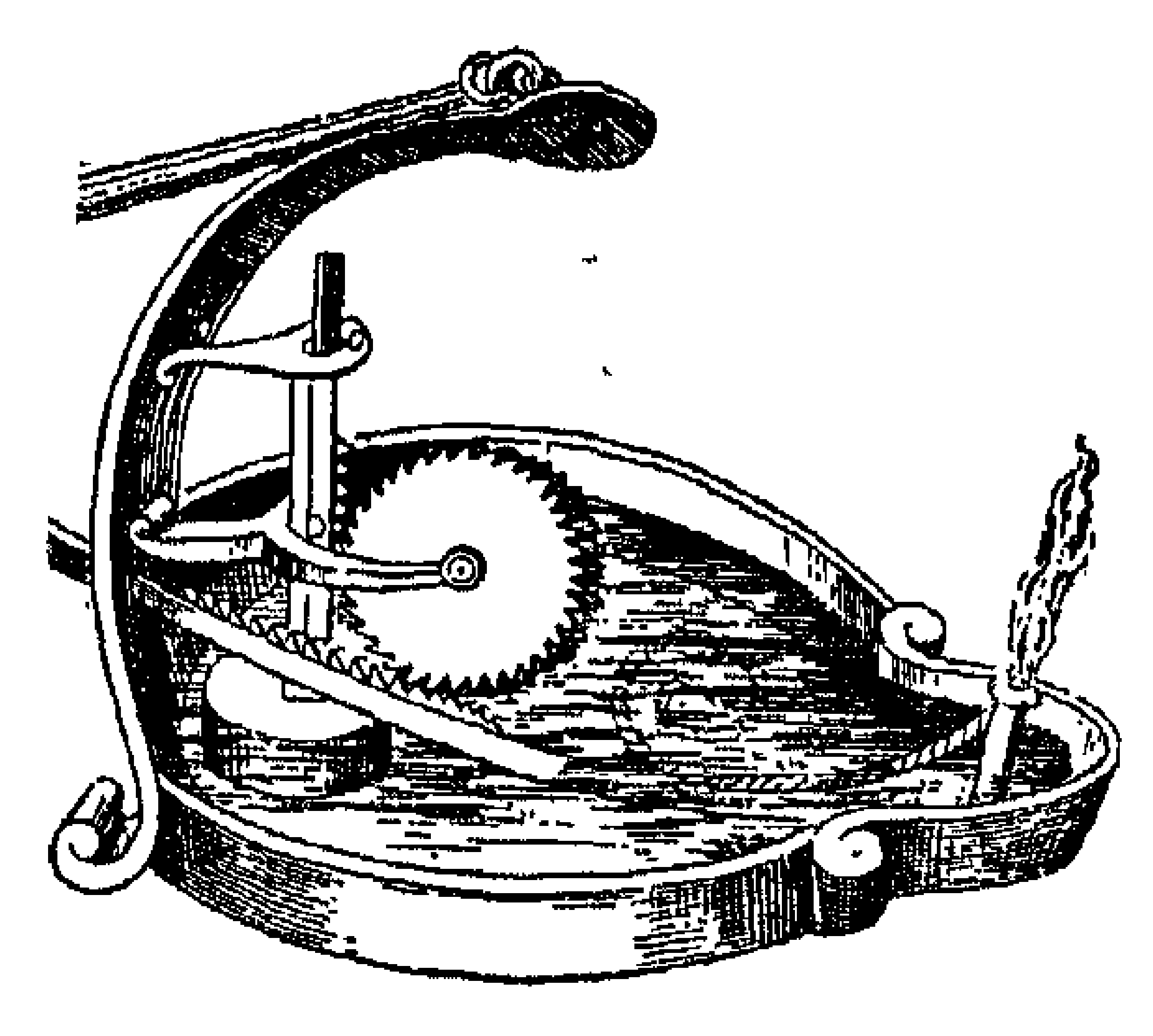


(شكل ٨) الكأس المسحورة



(شكل ٩) الكأس المسحورة المزدوجة

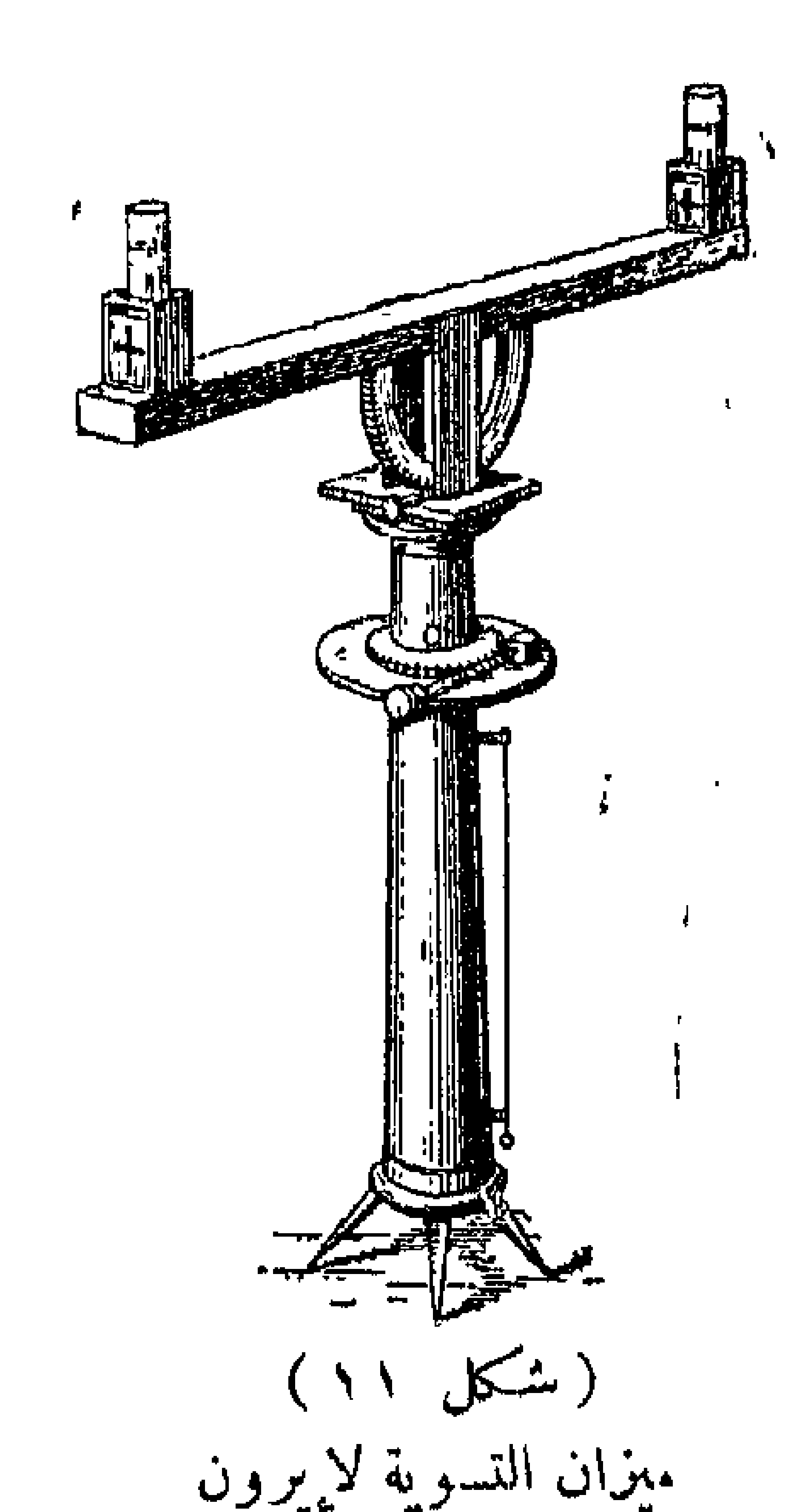
وصنع إيرون فتيلاً للمصابيح الزيتية التى كانت شائعة الاستعمال . فكان زيتها


(شكل ١٠) مشكاة إيرون

يشتعل عن طريق الفتيل فى إناء مكشوف ، وكان كلما احترق الزيت احترق الفتيل أيضاً ، وتحتمت إذن تعليته . فاستطاع إيرون أن يجعل الزيت نفسه يرفع الفتيل ، وذلك بأن صنع طوفاً خشبياً يسبح فى الزيت ، وينخفض بالتدريج كلما نضب الزيت فيدير بانخفاضه عجلة مسننة . وإذا ما دارت العجلة حركت ساقاً خشبية مسننة أيضاً ربط الفتيل بنهايتها . وبذلك يرتفع الفتيل كلما استهلك الزيت ، ويظل المصباح موقداً باطراد حتى يجف الزيت تماماً .

أما أهم آلة أدخل فيها إيرون من الإصلاح ما جعلها أدق وأكثر ملاءمة فهى الآلة المعروفة بميزان التسوية ، والتى لا يمكن أن يستغنى المساح عنها . ومصر تعتمد على فيضان النيل فى زراعتها ، لأن المطر فيها قليل . والمصريون معتادون من قديم الزمان أن يتحققوا من صحة توزيع الأرض على الزراع قبل الفيضان وبعده ، لكى يسترد كل مالك أو زارع أجير أرضه . وقد كان المصريون ينصبون فى ذلك السبيل كثيراً ، لأنه كثيراً ما كان يذهب الفيضان بمعالم الأرض . ومسح الأرض فن قديم مارسه المصريون من قديم الزمان ؛ بل إن علم الهندسة قد وُلد دون شك فى مصر لأنه كان ضروريا ولازماً فى تعيين مساحة الأرض ومعرفة حدودها .

وكان من أهم المسائل المتعلقة بمسح الأرض معرفة متى تكون نقطتان فى منسوب واحد . وهذا ما يصلون إليه اليوم عن طريق ميزان تسوية لو كانت النقطتان متجاورتين ، أو عن طريق آلة الثيودوليت إذا كانت النقطتان متباعدتين . ولا يخفى أن الثيودوليت لا تعمل إلا بمنظار (تلسكوب) ، ولم يكن السكندريون يعلمون شيئاً عن المنظار لأنه لم يكن قد اخترع بعد . ولكن إيرون استطاع أن يتلمس مخرجاً من هذا المأزق ، فأنشأ صندوقاً طويلا مملوءاً بالماء ومجهزاً عند كل من طرفيه بفتحتين على شكل صليب ، وغلفت كل فتحة من الداخل بلوح من الزجاج . ووضعت عند كل فتحة أنبوبة زجاجية



(شكل ١١)
ميزان التسوية لإيرون

تملو الصليب ، فالأنبوبتان إذن متصلتان معاً ويكون ماؤهما فى مستو واحد ، وإذن يكون الصليبان فى منسوب واحد ، وإذن فكل جسم يرى خلال الصليبين يكون منسوبه كمنسوبهما ، ويرجح بعض المؤرخين أن إيرون استعمل قضباناً تشبه كثيراً القضبان البيضاء السوداء التى يستعملها المسّاحون اليوم فى قياس الأبعاد والمناسيب .

واخترع إيرون عدا ذلك حجر الطاحون الميكانيكى ، والآلة التى تدار بقوة الماء ، وعداداً لقياس المسافة التى تقطعها سفينة أو عربة ، وجهازاً من المرايا سماه منظاراً .

ولا يزال الكثير من كتب إيرون موجوداً إلى اليوم ، وقد كتبت كلها بالإغريقية لأنها كانت اللغة المستعملة فى الإسكندرية منذ تأسيسها . وعنى إيرون فى مؤلفاته بجعل براهينه واضحة لتلاميذه ، إذ طالما ألح عليهم ألا يصدقوا شيئاً بدون برهان .

قال : « من الضرورى لكل من يرغب فى معرفة فن الميكانيكا أن يعرف أسباب كل حركة . ومن المهم ألا يُعرض على الطلبة شىء من غير برهان ، وألا يُترك إبهام أمر مشكوك فيه . وليكن لكل مسألة تقدم لهم حل مقبول . وبذلك تُسترد القواعد التى كان يعرفها الأقدمون والتى لها علاقة بالموضوع الذى ندرسه » .

* * *

لما بدأت الإمبراطورية الرومانية بدورها تتدهور انحطت النهضة العلمية مهددة أوروبا بمستقبل علمى مظلم ، واندثرت مدرسة الإسكندرية وتهدمت وضاعت كتبها بين إتلاف وإحراق . وأدّى ذلك إلى اقتصار المشتغلين بالعلم على فهم ما بقى من تصانيف السلف ، قانعين بذلك وحده دون العمل على توسيع دائرة العلم . وعدا هذا فإنه لما ظهرت النصرانية انصرفت الأذهان إلى تطبيق الفلسفة على الدين ، وأفضت المجادلات إلى ما تفضى إليه عادة من الاضطهاد فتم بذلك القضاء على الحركة العلمية . وظل الحال

كذلك حتى القرون الوسطى ، فغمرت الجهالة أوروبا فى هذه العصور المظلمة ، وظلت فى غمرة الجهل هذه سادرة بضع مئات من السنين ، انقرض خلالها الابتكار ، ولم يبق إلا قليلون جداً أغرموا بالقراءة والاطلاع .

وظل الحال كذلك إلى أن نهض العرب نهضتهم العلمية الكبرى ، فبسطوا العلم من جديد ونشروه من قبره ، مما سنفصله فى الفصل التالى .

الفصل الثالث

فيزيقا العرب

إن العوامل التى اشتركت فى بناء صرح المدنية الحديثة كثيرة ، والعلم دون شك من أهم هذه العوامل . وطالب العلم طالب حقيقة ، والبحث عن الحقيقة كان ، وما زال ، ولا بد أن يظل أهم عوامل التمدين . وحقائق علم الفيزيقا قد ساهمت بأوفر قسط فى هذا الصدد .

ولعلم الفيزيقا اليوم معنى لم يكن له فى العصور القديمة ، إذ لم تكن المعارف قد بلغت بعد المرحلة التى يصح أن يحدث فيها تخصص فى الفروع فانطوت جميع البحوث الخاصة بالطبيعة وخفايا الكون تحت عنوان الفلسفة ، لأن تخيلات الفلاسفة الأقدمين كانت بطبيعة الحال جامعة اشتملت على كل شىء . ونظراً إلى أن هذه التخيلات كانت نقطة ابتداء البحوث التى أدت إلى الفيزيقا الحديثة فإن مثل بحثنا الحالى لا يصح له بأية حال أن يتجاهلها ، وخصوصاً لأن جزءاً كبيراً من الفلسفة القديمة كان له أثر عظيم فى تاريخ الحضارة التى بلغت الأمم ذروتها فيما بعد . ويكفى بصدد ما نبحث فيه الآن أن نقول إن غرض العلم هو الإحاطة بأمور الطبيعة كلها عن طريق أصغر عدد ممكن من الحقائق العامة . غير أن القدرة على التعميم تتضمن تناول الآراء التجريدية ، أى الآراء التى ينحصر الذهن فيها ، ويعتزل كل ما عداها . ولا حاجة بنا إلى القول إنه قد مر زمن لم يكن فيه التجريد فى الآراء معروفاً .

لقد كانت الشجرة والكهف أول مساكن الإنسان ، وكانت الغابة المحيطة به معمله ، وكانت آلاته الأولى قاصرة على أظافره وأطرافه وأسنانه ، أى على ما أمدته به طبيعة خلقه وتكوينه . ومع ذلك فإن أولى خطاه فى أولى مراحل التفكير جاءت من تجاريبه التى علمته أن لديه أسلحة أشد وأمتن غير هذه فى الغصون المتكسرة من الأشجار المحيطة

به ، وفى الحجارة التى تحت قدميه . فكانت أولى خطى تقدمه من ثم حصوله على أسلحة أحسن وأحد وأقوى . وماذا كانت المرحلة التى تلت هذه ؟ كان قد آن إذ ذاك بلا نزاع الأوان الذى اتجهت فيه رغبة الإنسان إلى إيجاد شروح وتفسيرات لما يرى . ولقد كان حتما عليه أن تبـدو منه هذه الرغبة إذ كان مدفوعاً إليها بطبيعته الآدمية ، بل إن هذه الرغبة بقيت فى الإنسان إلى يومنا ، ونحن نراها الآن وسنراها بعـد الآن . وفوق هذا فقد كانت الحلول التى وصل إليهـا بسيطة ومدركة ، إذ كان أساسها الخرافة والخوف مما صرنا نعرف الآن أنه ظواهر فيزيقية تحدث فى مدى واسع كبير — كالرعد والبرق والعواصف والفيضانات والزلازل وما إلى ذلك . وهـذا عدا اتجاه رغبة الإنسان الـكامنة إلى اعتبار هذه الظواهر نتيجة أعمال مخلوقات قوية قادرة ولـكنها خفية . وفى أساطير الأولين ما يدل على كثير . مثال ذلك ما ذهب إليه قدماء الإغريق فى تعليلهم وجود زيت البترول من أن النار سرقها من يدعى تيتان برومتيوس وجاء بها إلى الإنسان خلال عود أجوف . وقد عوقب لأجل جريمة السرقة تلك ، فجىء به إلى بلاد القوقاز والأغلال فى عنقه ، ثم مزقت كبده فجرى منها سيل من سائل أسود هو البترول . ومثال ذلك تعليل الجهلة فى أيامنا الحاضرة الزلازل بأنها تنشأ من الثور الذى يحمل الأرض فوق أحد قرنيه حين ينقلها بينهما قصد الراحة .

ثم قويت قوة الملاحظة بالتدريج حتى انتظمت وتناسقت ، ولم يصل الإنسان طفرة إلى البراهين العقلية ، بل سبق ذلك الاستنتاجُ المبنى على التجارب والمشاهدات . وظهر علم الفيزيقا أول ما ظهر فى بلاد الإغريق فى القرن السادس قبل الميلاد ، إذ كان العـالم الفيلسوف الإغريقى طاليس الميليتى أول من استكشف فى ذلك التاريخ الـكهربائية والمغناطيسية . وتلاه العـالم فيثاغورس الرياضى فبحث فى علم الصوت ، وجاء أرسطو فبحث فى العناصر الأربعة وفى الحركة ، ثم جاء أفلاطون وبحث فى الحركة نحو مركز الأرض أى فى التثاقل . وفى القرن الثالث قبل الميلاد ظهر العـالم أرشميدس ، وكان ممن نبغوا فى العصر السكندرى من الرياضيين والفيزيقيين كما مر بنا فى الفصل الأول .

ولما تغلب الرومان على الإغريق أصبحت الإسكندرية ، وهى دار الثقافة الإغريقية ،

ايالة رومانية ، فكان لذلك أثره البليغ . فالفلسفة الإغريقية تأثرت بحكم الرومان وصارت شيئاً آخر . وشتان بين العلم فى جو حر و بينه فى جو تسلط فيه الأجنبي . ولذلك بدأت هذه الفلسفة تفقد روح الابتكار والإبداع ، و بدأت تظهر فيها علامات الانحطاط . إزاء هذه الظروف كلها تأثرت مدرسة الإسكندرية الكبرى فتقهقرت وكادت تندثر لولا أن قيض الله لها من بين الرومان مركس أوريليوس أنطونيوس ، وكان محباً للعلوم ، فأحياها من جديد . وظهرت مدرسة الإسكندرية الثانية ، وكان من علمائها الأفذاذ بطليموس القلوذى صاحب كتاب المجسطى فى علم الفلك وصاحب البحوث فى البصريات . ولقد مر بنا فى الفصل الثانى ذكر علماء الإسكندرية الأقدمين .

ظهور الإسلام

ولما اندثرت مدرسة الإسكندرية هذه ، وتم القضاء على الحركة العلمية فى أوروبا ، ظهر بصيص من الرجاء لإحياء العلوم والأخذ بناصرها من جديد . وقد بزغ هذا النور الجديد من مكان آخر لم يكن يخطر على بال أحد . لقد كان الإسلام هو النور الذى أخرج أوروبا من ظلمات الجهالة ، وكان المسلمون أول من أضاء المشعل إذ ذاك منادين حى على الفلاح ، حى على العلم والإصلاح .

فى الجهة الشرقية من البحر الأحمر تقع بلاد العرب ، بعضها صحراء شاسعة قاحلة تهب عليها ريح السموم الخانقة ، و بعضها أرض خصبة صالحة للزرع ، و بعضها يتصل بالمحيط الهندى وخليج العجم وهذا الجزء مأهول مزروع بالنخيل وأشجار البن . وكانت بلاد العرب هذه شعوباً وقبائل متنافرة قبل أن تنقطع من بينها الحروب . فعند ما نهض سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم سنة سبعين وخمسمائة ميلادية بأعباء الرسالة ، داعياً إلى عبادة الله الواحد القهار بكل ما فى وسع نبى مرسل من قوة و إيمان ، نجح بعد محاولات كثيرة فى أن يهدى لدين الله قبائل شبه جزيرة العرب كلها تقريباً . وتآلف العرب بعد ذلك وقويت وحدتهم ، وظهرت قوميتهم ، واستيقظوا بعد نومهم الطويل . ثم ظهرت نتائج هذه اليقظة بعد وفاة النبى صلى الله عليه وسلم مباشرة سنة اثنتين وثلاثين وستمائة ميلادية .

وواصل العرب فتوحاتهم يدفعهم بالأكثر فقر بلادهم المدقع ، فدخلوا دمشق وأورشليم ومصر وشمالى أفريقية وحاصروا القسطنطينية ، وامتدت فتوحاتهم حتى اشتملت على إسبانيا غرباً و بلاد العجم شرقاً ، أى أن دولتهم امتدت من المحيط الأطلنطى إلى الهند .

ولما استتب الأمر لهم كان أول ما اتجهوا إليه أن أخذوا بناصر العلم فى البلاد التى تركه فيها اليونان والرومان . فلم يمض على قيام الإسلام قرن واحد حتى بدئ بالنظر فى الكتب اليونانية العلمية ونقلها إلى العربية ، وزادت هذه النهضة نشاطاً فى العصر العباسى كما هو معلوم . ولم تكن الحركة العلمية مقصورة على فئة أو طائفة دون أخرى ، بل كانت عامة شملت المسلمين وغيرهم من الملل والنحل الخاضعة للإسلام . وكان الخلفاء فى بغداد والقاهرة وقرطبة يميلون إلى مجالسة العلماء فكانوا يستدعونهم من كل بقاع الأرض .

ووفد على قرطبة من جميع الجهات طلاب الشعر والأدب والفلسفة والعلوم والشريعة والقانون حتى صارت مجمع العظماء فى كل الشؤون ومقام العلماء والمتعلمين . وكان أهم ما اتجهت إليه أنظار علماء العرب الكيمياء والبصريات . ففى الكيمياء استكشفوا فلزات وأحماضاً جديدة ، وعرفوا عمليات التقطير والترشيح والتبلور ، ووقفوا على طريقة خلط الفلزات المختلفة لكى يصنعوا منها سبائك جديدة . ونبغوا فى صناعة السيوف والمشامل وهى السيوف القصيرة المقوسة التى كان يخشاها عساكر النصارى . وسنرى بعد ما بلغوه فى البصريات على يد الحسن بن الهيثم .

بحوثهم فى الميكانيكا

وخطت العلوم الرياضية والفلكية خطوات واسعة فى عصر التمدين الإسلامى ، واشتملت بحوثهم الرياضية على بعض فروع علم الميكانيكا الحالى كمراكز الأثقال ، ولهم فى ذلك مؤلفات هى كتب « الحيل » يعنى الميكانيكا . ومن أشهر ما كتب فى هذا الصدد كتاب « الجامع بين العلم والعمل » لمؤلفه أبى العز اسماعيل الجزرى ، فهو يمثل ما بلغه علم الميكانيكا من الرقى فى القرن الثالث عشر ، وإن يكن هذا الكتاب إلى كتب الصناعة أقرب منه إلى كتب العلم النظرى . ولأبى الريحان البيرونى كتاب « الآثار الباقية »

وفيه شرح وتطبيق لبعض الظواهر المعروفة فى علم الإيدروستاتيكا ، مثل صعود مياه الفوارات والعيون إلى أعلى ، وتجمع مياه الآبار بالرشح الجانبى ، وموازاة سطوح هذه المياه لسطوح المياه القريبة منها ، وكيفية فوران العيون وإمكان صعود مياهها إلى القلاع ورؤوس المغارات . والشرح هنا يكاد يشبه ما هو مذكور فى كتب « الطبيعة » الأولية التى يدرسها طلبة المدارس فى الوقت الحاضر . ومن كتبهم فى الإيدروستاتيكا والميكانيكا « كتاب ميزان الحكمة » وهو الكتاب الذى كتب فى القرن الحادى عشر ولا يعرف مؤلفه ، وإن كان البعض ينسبه إلى الخازنى والبعض ينسبه إلى الحسن بن الهيثم . ويبحث هذا الكتاب فى الضغط الجوى فيكون مؤلفه قد سبق تورشيلى الإيطالى بخمسة قرون على الأقل فى بحثه فى الضغط الجوى . وعدا هذا فالكتاب يتضمن بحوثاً فى مراكز الأثقال واتزان الميزان والقبان وفى جاذبية الأرض . ومن الغريب أن الكتاب قد ذكر العلاقة الصحيحة بين سرعة الجسم الساقط والبعد الذى يقطعه والزمن الذى يستغرقه ، وهى تلك العلاقة التى تنص عليها الكتب الحديثة فى صيغة قوانين ومعادلات منسوبة إلى غاليليو فى القرن السابع عشر . وبهذا الكتاب جداول لكثافات الأجسام ، ووصف لموازين مختلفة الأشكال ، وذكر لمقياس الكثافة .

على أن العرب فى بغداد ودمشق والقاهرة وقرطبة كانوا يعرفون قاعدة أرشميدس التى سبق لنا ذكرها فى الفصل الأول ، وهى « أن وزن الجسم فى الماء أقل من وزنه فى الهواء ، وأن الفرق بين الوزنين يساوى وزن الماء الذى يزيغه الجسم أى المعادل له حجما . وأن وزن الجسم الطافى على الماء يساوى وزن ما يزيغه منه ، أى يساوى وزن الماء الذى يعدل حجمه حجم الجزء المنغمر » . وكانوا أول من ابتدعوا فكرة « الوزن النوعى » قائلين إنه يمكن الحصول عليه بالنسبة لأى جسم بقسمة وزنه على وزن الماء المعادل له حجما . وهذا التعريف مستعمل حتى الآن . بل إن العرب خطوا بعد ذلك خطوة أخرى نراها فى كتاب « ميزان الحكمة » حيث قالوا إن الوزن الحقيقى للجسم لا يمكن أن يكون وزنه المقيس فى الهواء ، لأن الهواء كالماء يدفعه إلى أعلى فينقص من وزنه . وتلك المشاهدة كانت الأساس الذى انبنى عليه فيما بعد اختراع البارومتر ومفرغة الهواء مما سنتناوله

بالشرح فيما سيجيء من فصول هذا الكتاب .

فى علم الصوت

اشتغل العرب بعلم الصوت ولهم فى الموسيقى تصانيف ضمنوها بحوثاً فى منشأ الأصوات وكيفية انتقالها واختلاف بعضها عن الآخر وما إلى ذلك من موضوعات علم الصوت الحديث. وكانوا يعلمون أن منشأ الأصوات حركة الأجسام المصوتة ، وأن هذه الحركة تنتقل فى الهواء على هيئة موجات كرية تضعف كلما اتسعت الكرة . وقد جاء فى كتاب « البرهان فى أسرار الميزان » للجلدكى : أن التموج الذى يحدث « ليس المراد منه حركة انتقالية من ماء أو هواء واحد بعينه بل هو أمر يحدث بصدم بعد صدم وسكون بعد سكون » وهذا هو المعبر عنه فى كتب الصوت الحديثة بالتضاغط والتخلخل . ونجد فى « رسائل أخوان الصفا وخلان الوفا » أنهم قسموا الأصوات إلى أنواع ، منها « الجهير » و « الخفيف » ومنها « الحاد » و « الغليظ » . وهذا التقسيم يتفق والتقسيم الحديث من حيث التباين فى الشدة والدرجة .

فالأصوات الكبيرة الشدة سميت « جهيرة » والعالية الدرجة سميت « حادة » وعزوا الأولى إلى ضخامة الأجسام المصوتة وكثرة تموج الهواء بسببها ، ونسبوا تباين أصوات الحيوانات ذوات الرئة إلى تباين أطوال أعناقها وسعة حلاقيمها وتركيب حناجرها . أما أصوات الزنابير والجراد والصراصير فقد نسبوها إلى تحريك الأجنحة كما تحدث الأصوات عند تحريك أوتار الآلات الوترية من أمثال البيانو والعود والقانون والكمنجة ، أما اختلاف أصواتها فيكون بحسب لطافة أعضائها وغلظها وطولها وقصرها . وأما عن اهتزاز الأوتار فقد قالوا إنها إذا تساوت فى الطول والغلظ و « الحزق » أي التوتر ، ثم نقرت كانت أصواتها متساوية ، و إذا تساوت فى الطول والحزق واختلفت فى الغلظ كانت أصوات الغليظ منها أغلظ . و إذا كانت متساوية فى الطول والغلظ مختلفة فى الحزق ، كانت أصوات المحزوقة حادة وأصوات المسترخية غليظة . و إن كانت متساوية فى الطول والغلظ والحزق مختلفة فى النقر ، كان أشدها نقرا أشدها صوتا . ونرى الجلدكى فى كتابه « البرهان فى أسرار الميزان » قد علل الصدى بأنه يحدث عن انعكاس الهواء المتموج من مصادمة عال

كجبل أو حائط . وقال إنه يجوز ألا يقع الشعور بالانعكاس لقرب المسافة فلا يحس بتفاوت زمانى الصوت وعكسه . وكل هذا يدل على أن العرب أحاطوا بالحقائق الأساسية فى علم الصوت ، وعلى أن كثيرا من المعلومات الحديثة التى يظن كثيرون منا أنهـا من مستحدثات الغرب وكشوفه كانت معروفة وشائعة لديهم .

فى علم الحرارة

نهج العرب فى بحوثهم الحرارية منهج فلاسفة الإغريق وعلى رأسهم أرسطو ، فكانت بحوثهم سطحية . ثم تطرق إليها من الأوهام ما باعد بينها و بين العلم الصحيح الحديث . وخير من ألف منهم فى الحرارة أبو على بن سينا الشيخ الرئيس الملقب بأرسطو العرب ، وهو العبقرى الفـذ الذى أنجبته الدولة الإسلامية العربية مع أنه فارسى لا عربى . تكلم عن البخار والتكاثف والتقطير ، وعلل تكون السحب وحدوث الأمطار والثلوج والرياح والضباب بما يقرب كثيرا من التعليلات العلمية الحاضرة .

قال الأستاذ نظيف فى كتابه « علم الطبيعة » ما يأتى : —

« عنى من غير فريق الفلاسفة علماء الـكيمياء ببعض الظواهر الأوليـة فى الحرارة كالتصعيد والتقطير والبخر ، ولـكنهم لم يدرسوها بل اكتفوا بتطبيقها فى مباحثهم الـكيماوية . وعلم الحرارة الحديث أساسه فكرة درجة الحرارة وقياسها . ونظرية العناصر كان يصحبها القول بأن الحرارة توجب الحركة إلى أعلى ، والبرودة توجب الحركة إلى أسفل . وهذا جعل بعض علماء العرب يرى أن صعود الجسم إلى أعلى يشتد بشدة حرارته ، ويضعف بضعفها ، ونزوله يشتد ويضعف بحسب حالة برودته ، وهذا يتضمن إدراك الفكرة الجوهرية التى تتفق والنظرية الشائعة فى تلك العصور ، ويمكن على حسبها عمل جهاز يصلح لقياس درجات الحرارة . ولـكن لم يتوصل أحد من علماء العرب على ما نعلم إلى اختراع جهاز يصلح لذلك إلا ما أشـار إليه درابر فى كتابه « تقدم أوروبا العقلى » من أنهم استخدموا الأيدرومتر لقياس درجة الحرارة . »

والأيدرومتر هو مقياس الـكثافة المذكور فى كتاب « ميزان الحـكمة » .

فى المغناطيسية والكهربائية

لم تكن للعرب فى المغناطيسية بحوث تذكر ، ولكنهم كانوا يعرفون أن المغناطيس يجذب إليه الحديد ، وأنه يتجه وأحد طرفيه يشير نحو الشمال والآخر نحو الجنوب تقريبا . وكان هذا معروفا من عهد طاليس الذى مر بنا ذكره ، كما أنه كان معروفا أيضا أن الكهرباء إذا دلك جذب زغب الريش وقطع الورق والقش الخفيف .

وكان العرب يستعملون الإبرة المغناطيسية لمعرفة الجهات ، ففى الجزء الثانى من كتاب « مسالك الأبصار فى ممالك الأمصار » لابن فضل الله العمرى ، وهو موسوعة عربية كبيرة ظهرت فى عهد قلاوون سلطان مصر ، ولم تصدر منها دار الكتب العربية إلا جزءاً واحداً فقط مع الأسف ، مع أن هذه الموسوعة من أمهات الكتب ، ويكفى للاشادة بذكرها أن نقول إنها كانت أكبر ينبوع أخذ عنه القلقشندى كتابه « صبح الأعشى » — نقول فى الجزء الثانى منه فى الفصل الثانى من الباب الثالث الخاص بالبحار تحت عنوان « فى ذكر الرياح وصورة القنباص » نجد شرحا مستفيضا لوصف تركيب « القنباص » واستعماله . وكلمة « القنباص » هذه معربة عن لفظ Compass الفرنجى يعنى البوصلة أو بيت الإبرة .

وقد ذكر بهاء الدين العاملى فى كتابه « الكشكول » تجربة بسيطة فى التمغطس منقولة عن نصير الدين الطوسى .

على أن العرب لم يسلموا من بعض الخرافات ، فقد ذاعت لديهم بعض آراء وهمية عن وجود أنواع مختلفة من المغناطيس تجذب الفضة والذهب ، مع أن الثابت أن المغناطيسية لا تؤثر إلا فى الحديد وبعض مواد أخرى ليس منها الذهب ولا الفضة .

وأما فى الكهربائية فأعمالهم فيها معدومة . والحق إن علمى الكهربائية والمغناطيسية لم توضع مبادئهما الأساسية ، ولم تدرس ظواهرهما إلا بعد عصر النهضة . وسنتناول ذلك فيما سيجىء عند التحدث عن وليم جلبرت مبتكر علمى المغناطيسية والكهربائية .

* * *

لم يبق إلا علم الضوء ، وللعرب فيه شأن كبير . وقد رأينا أن نفرد له فصلا خاصا يتناول أشهر عالم عربى اشتغل بالبحث فيه وهو الحسن بن الهيثم .

الفصل الرابع

الحسن بن الهيثم وعلم الضوء

كان من أفذاذ علماء الفيزيقا ، ولكنه خص علم الضوء بجزء كبير من عنايته فبلغ فيه مبلغا لم يصل إليه أحد من قبله . بل تدل بحوثه على أن معلوماته فى الضوء فى الموضوعات التى عالجها ، وكذلك طرق معالجته لها ، لا تختلف كثيرا عما هو معلوم ومتبع فى الوقت الحاضر . وقد مر بنا فى الفصل الماضى أن بعض المؤرخين يذهب إلى أن الحسن هذا هو واضع كتاب « ميزان الحكمة » فإذا صح ذلك فإن مكانته فى علم الميكانيكا لم تكن بأقل منها فى علم الضوء . جاء عنه فى كتاب « إخبار العلماء بأخبار الحكماء » لمؤلفه الوزير جمال الدين أبى الحسن على بن القاضى الأشرف يوسف القفطى ما يأتى : —

« الحسن بن الحسن بن الهيثم أبو على المهندس البصرى ، نزيل مصر ، صاحب التصانيف والتآليف المذكورة فى علم الهندسة . كان عالما بهذا الشأن ، متقنا له ، متفننا فيه ، قيما بغوامضه ومعانيه ، مشاركا فى علوم الأوائل . أخذ الناس عنه واستفادوا منه . بلغ الحاكم صاحب مصر من العلويين ، وكان يميل إلى الحكمة ، خبره وما هو عليه من الإتقان لهذا الشأن فتاقت نفسه إلى رؤيته . ثم نقل له عنه أنه قال : لو كنت بمصر لعملت فى نيلها عملا يحصل به النفع فى كل حالة من حالاته من زيادة ونقص ، فقد بلغنى أنه ينحدر من موضع عال ، وهو فى طرف الأقليم المصرى . فازداد الحاكم إليه شوقا ، وسير إليه جملة من مال ، وأرغبه فى الحضور . فسافر نحو مصر : ولما وصلها خرج الحاكم للقائه ، والتقيا بقرية على باب القاهرة المعزية تعرف بالخندق ، وأمر بإنزاله وإكرامه . وأقام ريثما استراح وطالبه بما وعد به من أمر النيل ، فسار ومعه جماعة من الصناع المتوالين للعمارة بأيديهم ليستعين بهم على هندسته التى خطرت له . ولما سار إلى الأقليم بطوله ورأى آثار من تقدم من ساكنيه من الأمم الخالية ، وهى على غاية من أحكام الصنعة وجودة الهندسة ، وما

اشتملت عليه من أشكال سماوية ومثالات هندسية وتصوير معجز ، تحقق أن الذى يقصده ليس بممكن ، فإن من تقدموه لم يغرب عنهم علم ما علمه ، ولو أمكن لفعلوا . فانكسرت همته ، ووقف خاطره . ووصل إلى الموضع المعروف بالجنادل قبلى مدينة أسوان ، وهو موضع مرتفع ينحدر منه ماء النيل فعاينه وباشره واختبره من جانبيه فوجد أمره لا يمشى على موافقة مراده ، وتحقق الخطأ عما وعد به ، وعاد خجلا منخذلا ، واعتذر بما قبل الحاكم ظاهره ووافقه عليه . ثم إن الحاكم ولاه بعض الدواوين ، فتولاها رهبة لا رغبة . وتحقق الغلط فى الولاية ، فإن الحاكم كان كثير الاستحالة مريقا للدماء بغير سبب أو بأضعف سبب من خيال يتخيله . فأجال فكرته فى أمر يتخلص به فلم يجد طريقا إلى ذلك إلا إظهار الجنون والخبال . فاعتمد ذلك وشاع . فأحيط على موجوداته بيد الحاكم ونوابه ، وجعل برسمه من يخدمه ويقوم بمصالحه . وقيد وترك فى موضع من منزله . ولم يزل على ذلك إلى أن تحقق وفاة الحاكم ، وبعد ذلك بيسير أظهر العقل وعاد إلى ما كان عليه . وخرج من داره ، واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر أحد جوامع القاهرة ، وأقام بها متنسكا متقنعا . وأعيد ما له من تحت يد الحاكم ، واشتغل بالتصنيف والنسخ والإفادة . وكان له خط قاعد فى غاية الصحة . وذكر لى يوسف الناشئ الإسرائيلى الحكيم نزيل حلب قال : سمعت أن ابن الهيثم كان ينسخ فى مدة سنة ثلاثة كتب فى ضمن أشغاله ، وهى إقليدس والمتوسطات والمجسطى ويستكملها فى مدة السنة ، فإذا شرع فى نسخها جاءه من يعطيه فيها مائة وخمسين دينارا مصرية . وصار ذلك كالرسم الذى لا يحتاج فيه إلى مواكسة ولا معاودة قول ، فيجعلها مؤنته لسنته . ولم يزل على ذلك إلى أن مات بالقاهرة فى حدود سنة ثلاثين وأربعمائة أو بعدها بقليل والله أعلم : ورأيت بخطه جزءا فى الهندسة وقد كتبه فى سنة اثنتين وثلاثين وأربعمائة ، وهو عندى لله المنة . »

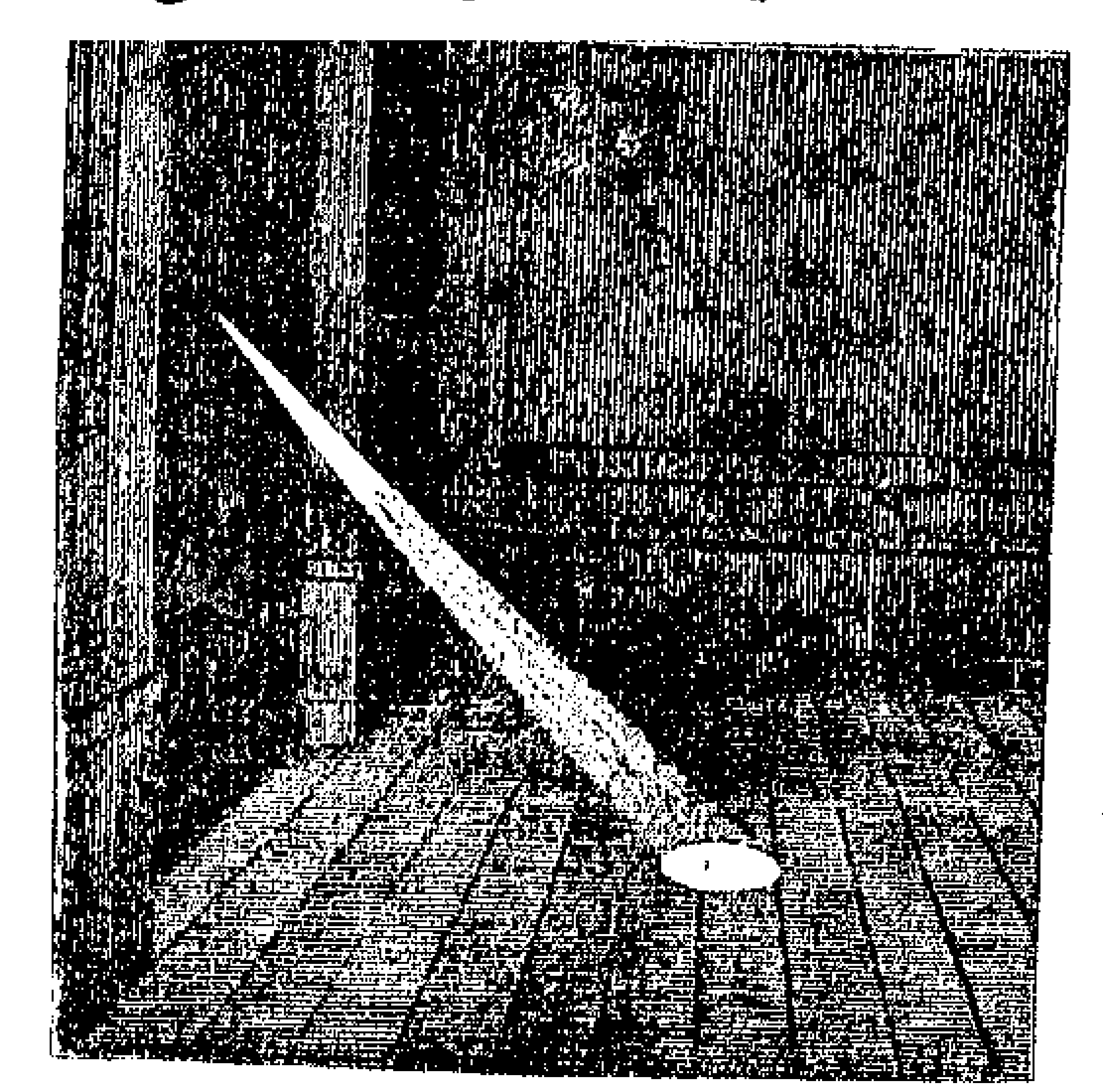
وبعد ذلك ذكر القفطى مصنفات ابن الهيثم وتبلغ نيفا وستين كتابا ، منها ما يبحث فى علم الفلك ومنها ما يبحث فى الرياضيات ، ومنها ما يبحث فى الضوء أو البصريات . ومن كتبه فى الضوء « كتاب اختلاف المناظر » و « كتاب المرايا المحرقة » و « كتاب كيفية الإظلال » و « كتاب الهالة وقوس قزح » .

وقد ذكرته دائرة المعارف البريطانية بما لا يخرج عن ذلك، وكذلك ذكره فلوريان كاجورى فى كتابه « تاريخ الفيزيقا » وذكره العلامة جبسون فى كتابه « أبطال العلم » والأستاذ نظيف فى كتابه « علم الطبيعة » ويقول عنه الطبيب ماكس مايرهوف فى كتاب « تراث الإسلام » الذى أخرجته مطبعة جامعة اكسفورد سنة ١٩٣١ ما يأتى: « إن مؤلفه الرئيسى كان فى البصريات، وأصله العربى مفقود، ولكن توجد للكتاب الآن نسخة لاتينية » ويشتمل هذا الكتاب أيضا على كثير من بدائع علم الهندسة، ومن ضمنها الحل الهندسى لكيفية إيجاد نقطة فى مرآة مقعرة إذا سقط عليها شعاع من نقطة معلومة انعكس الى نقطة أخرى معلومة. وعلى ذلك فكل ما سننقله من كلامه إنما هو مترجم عن الانجليزية عن اللاتينية عن الأصل العربى الذى كتبه هو.

والحق إن ما خلفه ابن الهيثم فى الضوء يشهد برقى هذا العلم فى زمنه رقيا لم يبلغه فى عصر التمدين الإسلامى. وقد كان ابن الهيثم يعتبر الضوء نوعا من نار تنعكس عند حافة الأفق الكرية. وكتب بصدد قوانين انتشار الضوء مايثبت أنه ينتشر فى خطوط مستقيمة. قال: « إذا دخل ضوء الشمس أو ضوء القمر أو ضوء النار فى حجرة مظلمة خلال ثقب ضيق، وكان هواء الحجرة مملوءا بدقائق الهباء، فإن الضوء الداخل من هذا الثقب يمكن رؤيته مختلطا بالتراب (وفى هذا أشارة إلى أن الضوء نفسه لا يرى منفردا) ويرى أيضا على أرض الحجرة أو فوق الجدار المقابل وهو يسير خلال الثقب إلى الأرض أو إلى الجدار فى خطوط مستقيمة. وذلك لأنك إذا وضعت عصا مستقيمة فى محاذاة الضوء المنظور لرأيته ينتشر على طولها. ولكن إذا لم يوجد تراب بجو الحجرة وظهر الضوء فقط على أرضها أو على جدارها المقابل للثقب، ثم وضعت عصا بين الثقب والجزء المضىء، أو مددت بينهما خيطا، أو جئت بجسم ووضعته بين الجزء المضىء وبين الثقب صار الضوء منظورا، وظهرت هذه الأشياء كلها. وفى حالة تعريض الجسم الأخير المعتم يختفى الضوء من المكان الذى كان فيه ظاهرا. فإذا تحرك هذا الجسم جيئة وذهابا فى الفضاء المحدد بالعصا أو بالخيط استمر الضوء ظاهرا فوقه. وإذن فالضوء يسير فى خطوط مستقيمة من الفتحة إلى الجزء الذى يكون فيه ظاهرا ».

هذه العبارة مترجمة عن الإنجليزية عن الترجمة اللاتينية لكتاب «اختلاف المناظر» . وقد عثر الأستاذ عبد الحميد حمدى مرسى على مقالة لابن الهيثم «فى الضوء» فعلق عليها تعليقاً قيماً ، وقامت بطبعها ونشرها من جديد مع التعليق جمعية المعلمين . وقد جاء فى هذه المقالة بهذا الخصوص مايصح أن نثبته هنا بالحرف للموازنة بين التعبيرات الحديثة وتعبيرات ابن الهيثم . قال ابن الهيثم :

« هذا المعنى قد بيناه فى كتابنا فى المناظر بياناً مستقصى ، ولكننا نذكر الآن منه طرفاً يقنع فيما نحن بسبيله فنقول : إن امتداد الضوء على سموت خطوط مستقيمة يظهر ظهوراً بيناً من الأضواء التى تدخل من ثقوب إلى البيوت المظلمة فإن ضوء الشمس وضوء القمر وضوء النار إذا دخل فى ثقب مقتدر إلى بيت مظلم وكان فى البيت غبار أو أثير فى البيت غبار فإن الضوء الداخل من الثقب يظهر فى الغبار المازج للهواء ظهوراً بيناً ، ويظهر على وجه الأرض أو على حائط البيت المقابل للثقب ، ويوجد الضوء ممتداً من الثقب إلى الأرض أو إلى الحائط المقابل للثقب على سموت مستقيمة . وإن اعتبر هذا الضوء الظاهر بعود مستقيم وجد الضوء ممتداً على استقامة العود ، وإن لم يكن فى البيت غبار وظهر الضوء على الأرض أو على الحائط المقابل للثقب ، ثم جعل فيما بين الضوء والثقب جسم كثيف ، ظهر الضوء على ذلك الجسم الكثيف


(شكل ١٢) الضوء ينتشر فى خطوط مستقيمة

وبطل من الموضع الذى كان يظهر فيه . ثم إن حرك الجسم الكثيف فى المسافة الممتدة على استقامة العود وجد الضوء أبداً يظهر على الجسم الكثيف فيتبين من ذلك أن الضوء يمتد من الثقب إلى الموضع الذى يظهر فيه الضوء على سموت خطوط مستقيمة » .

والضوء حقيقة يسير فى خطوط مستقيمة ما دام يسير فى الهواء أو فى نفس المادة . فإذا اعترضت مرآة مسير الشعاع فى حجرة مملوء جوها بدقائق الهباء ، ارتدت حزمة الضوء وسارت فى اتجاه يخالف اتجاهها الأصلى . ولم تغب هذه الحقيقة عن الحسن ، بل إنه أجرى

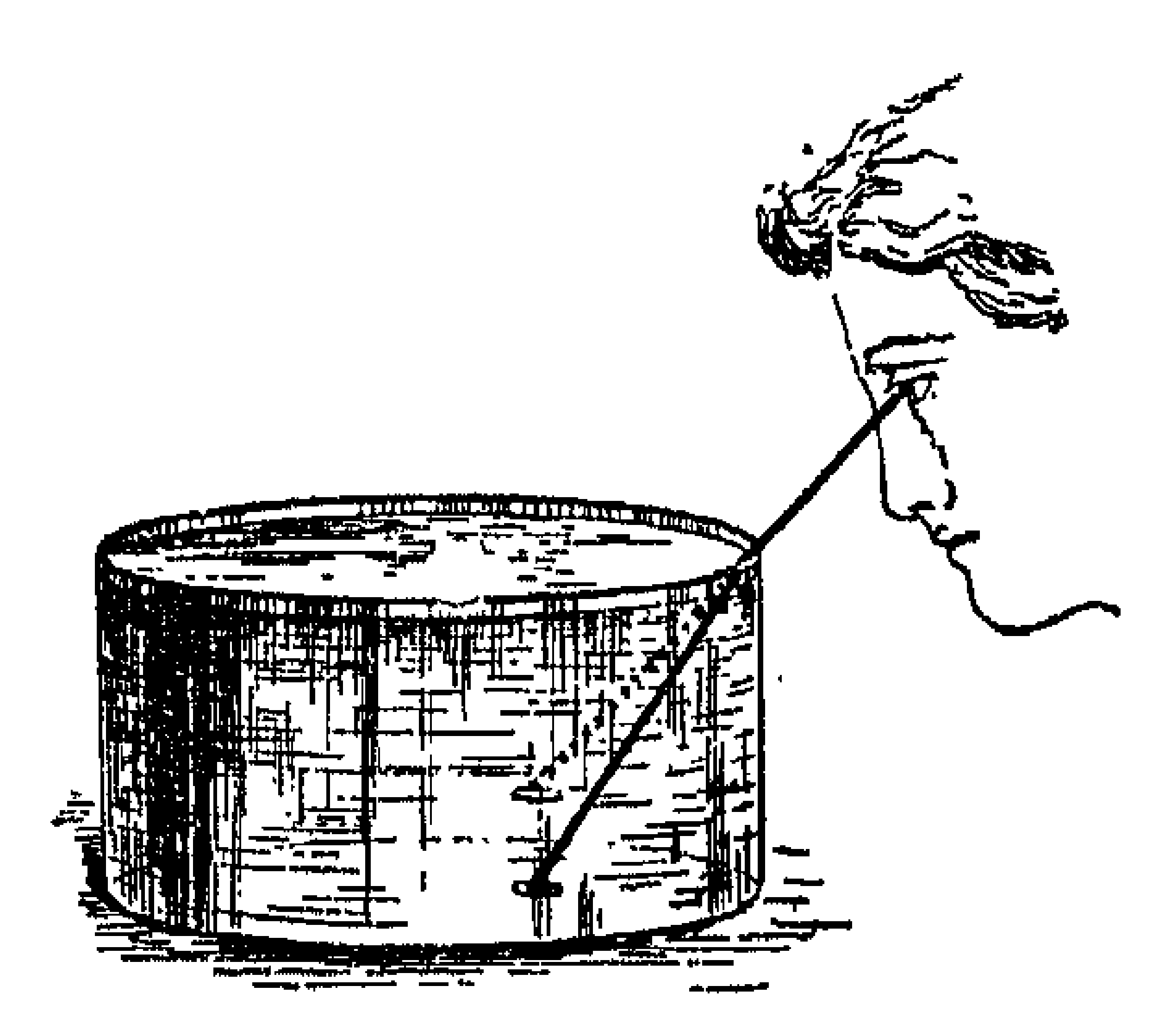
تجارب عدة فى هذا الصدد وعين اتجاه الحزمة المنعكسة . وكان الرجل قد قرأ ما كتبه علماء الإغريق فى البصريات ، وعلم منه أن الحزمة المنعكسة تصنع مع المرآة زاوية تساوى الزاوية التى تصنعها معها الحزمة الأصلية . فأضاف إلى ذلك أمراً آخر غاية فى الأهمية . فلقد وجد أنه إذا وضع سطح منبسط كسطح الورق المقوى مثلا ملاقيا المرآة ، وكان يمس الحزمة الأصلية الساقطة والحزمة المنعكسة ، كان سطح الورقة عموديا على سطح المرآة . وهذا هو القانون الثانى فى الانعكاس ، وهو مذكور فى كتب الضوء الحديثة وإنما بهذه الصيغة « إن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمودى على السطح فى مستو واحد » . وهذا القانون الذى استكشفه ابن الهيثم يفسر لنا سبب رؤيتنا الأشجار منعكسة فى صفحة ماء نهر أو غدير وهى مقلوبة الوضع فى اتجاه عمودى إلى أسفل لا مائلة إلى اليمين ولا إلى اليسار. يعنى أننا إذا جئنا بسطح منبسط كبير وجعلناه فى وضع رأسى على الماء فإن هذا السطح إذا مر بالشجرة فلا بد أن يمر أيضا بصورتها المنعكسة فى الماء .

ويعبر عن قلب الصور فى كتب الضوء الحديثة بعكس الوضع الناشىء عن الانعكاس، بمعنى أن يمين الجسم يكون شمال الصورة ، وشماله يكون يمينها . ونرى هذا واضحا إذا وقف أحدنا أمام مرآة وحرك ذراعه اليمنى فإن الذراع اليسرى للصورة هى التى تتحرك . ويحضرنى بهذه المناسبة شعر رقيق فى الشكوى للشاعر المتوارى الأديب المرحوم الأستاذ محمد فخرى الذى توفى فى يوليه سنة ١٩٣٩ ضمنه هذا المعنى العلمى قال :

كأنك مرآتى تصفحت وجهها ... نخلت بها زور الخيال يقينا
رأيت أخى طولا وعرضا وقامة ... ووجها ومثلى شقوة وشجونا
مددت يدى أبغى السلام توددا ... فمد شمالا إذ مددت يمينا
فأيقنت أنى قد خدعت وطالما ... وفيت فهل لى أن أكون أمينا ؟

وقد فسر الحسن هذه الصور الخيالية أو التقديرية كما تسمى الآن بأن العين دائما ترى الأشياء حسب اتجاه دخول الحزمة الضوئية فيها . وأثبت ضلال الرؤية بمثل توضيحى آخر . ذلك أنك إذا رميت بقطعة من النقود فى قعر وعاء ، ثم ابتعدت عن الوعاء متقهقرا وأنت مصوب بصرك إلى القطعة فيه حتى تحجبها حافته فإنها تختفى بطبيعة الحال عن

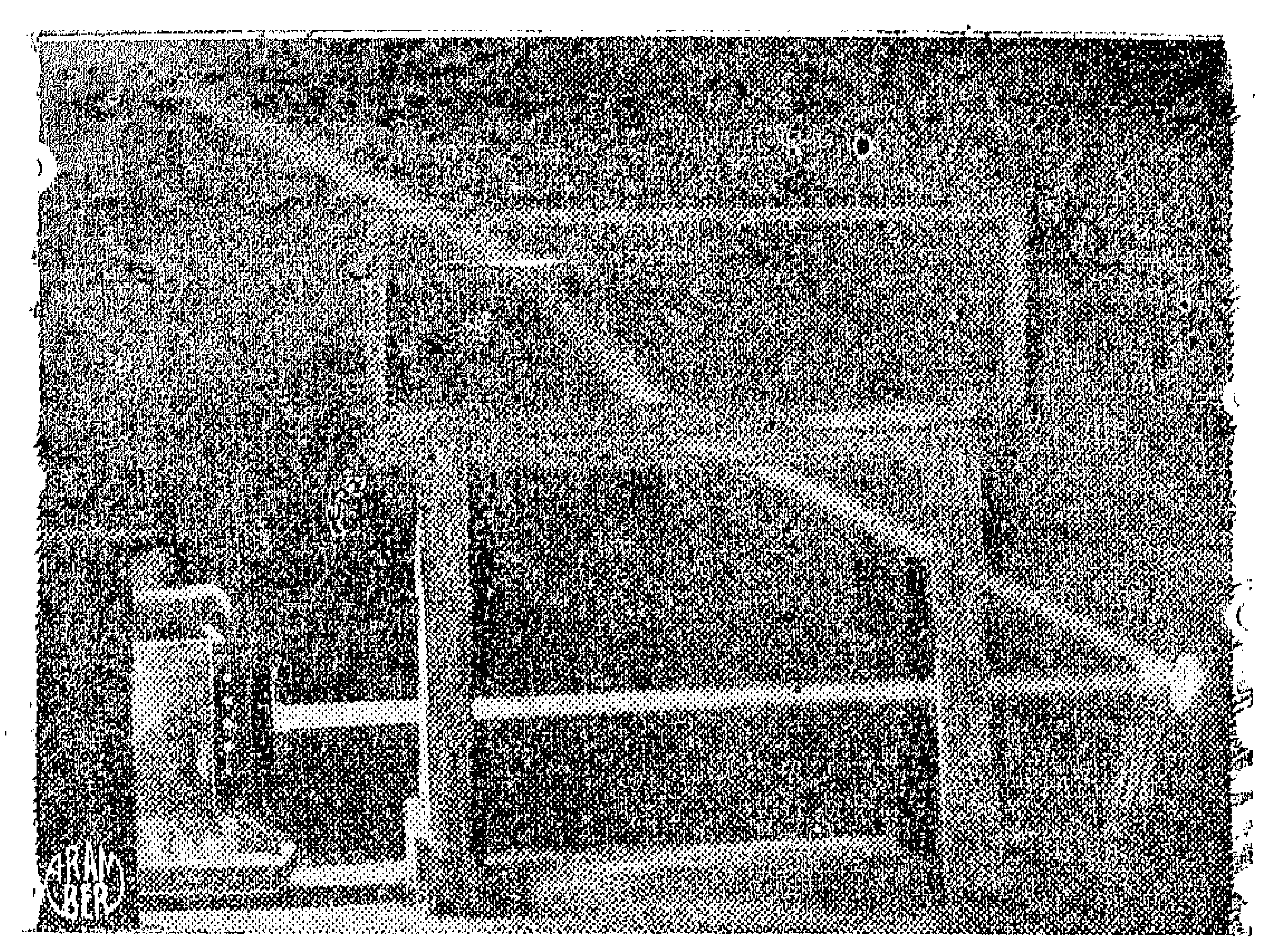
ناظريك . ولـكن إذا صب أحد الماء بعد ذلك فى الوعاء ظهرت قطعة النقود ثانية وأمكنك أن تراها وأنت فى المكان الذى احتجبت فيه عن ناظريك . وذلك لأنها تكون قد ارتفعت ظاهريا مع أنها فى الحقيقة بقيت ملاصقة قعر الإناء .



(شكل ١٣) إنكسار الضوء وظهور الجسم المغمور فى الماء

ويقول الحسن إن هذه حالة أخرى لضلال الرؤية سببه انعطاف الحزمة الضوئية — وتلك هى ظاهرة الانكسار . وقد أثبت هـــذا الانعطاف بتجربة أخرى ظاهرة جلية . وذلك أنه جاء بإناء زجاجي واسع ، ثم ملأه ماءا مخلوطا ببضع قطرات من اللبن ، وحمله بعدئذ إلى حجرة مظلمة ينبثق فيها الضوء من ثقب فى الجدار على شكل حزمة ضوئية . وقد وجد أنه لما اعترض الإناء بمائه حزمة الضوء بدت الحزمة وكأنها انكسرت عند سطح الماء فانعطفت مائلة نحو أرض الحجرة . ولا يخفى أن الضوء ظهر فى الهواء عن طريق مابه من تراب ، وفى الماء عن طريق ما به من لبن . وقد أثبت الحسن أن الحزمة تحت المـاء تميل على سطحه بزاوية أكبر من زاوية ميل الحزمة الأصلية ، ولـكنه لم ينجح فى إيجاد العلاقة بين الزاويتين ولم تستكشف هذه العلاقة إلا بعد ذلك بعدة قرون ، وهى المشهورة فى كتب الضوء الحديثة بالقانون الثانى فى الانكسار .

وكان الحسن مغرما ببحث أنواع الخدع البصرية كلها . ومن بين هذه الخدع واحدة تراها كلنا كل يوم ، ويظنها معظمنا حقيقة وهى عين الضلال . فالشمس والقمر يبدوان أكبر عند الشروق أو الغروب منهما عند ما يكونان مرتفعين فى كبد السماء . فأثبت الحسن أن الحجم الظاهر فى الحالتين واحد فى الحقيقة ، وذلك بتجربة بسيطة جدا يستطيعها كل واحد منا ، هى أنه أخذ قطعة من النقود و بسط ذراعه بها معرضا إياها للقمر عند شروقه حتى غطته بأجمعه ، ثم لما ارتفع القمر وضع القطعة بينه و بين عينه وعلى نفس البعد منها ، فوجد أنها غطته بأكمله . وهذا من الوجهة الهندسية يثبت أن حجمى القمر فى الموضعين



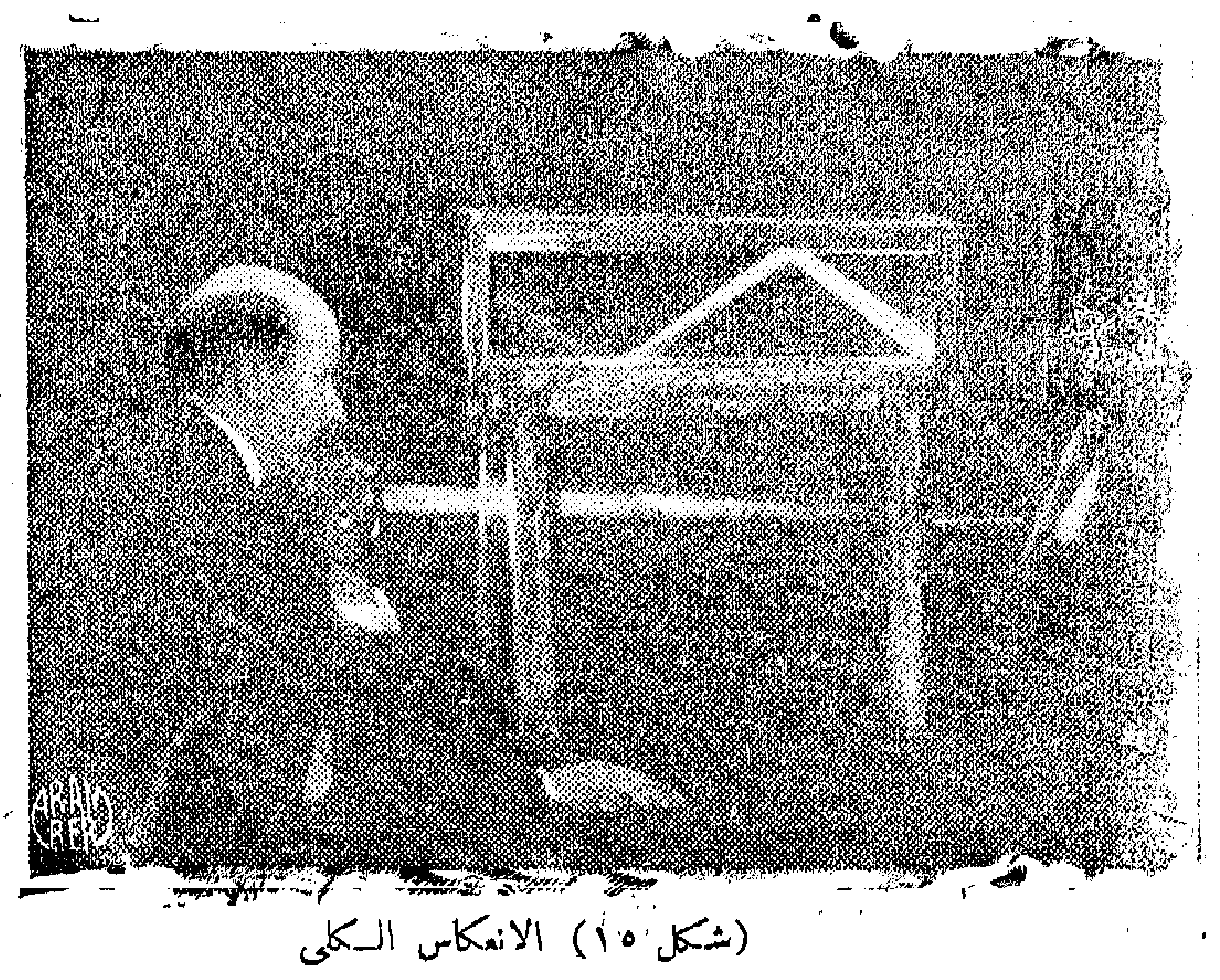
(شكل ١٤) إعادة لتجربة الحسن تمثل الشعاع الساقط والمنكسر والخارج

متساويان . ولكنه إذا كان وهو يجرى تجربته والقمر مرتفع فى السماء يرى صورة له تعكسها مرآة بعيدة تجعله يبدو كأنه فى بدء إشراقه على الأفق ، بدا له أكبر مرة أخرى . وقد علل ذلك بأن الإنسان « يحكم على كبر المرئى أو صغره بالرجوع إلى شيئين أحدهما الزاوية التى يبصر منها المبصر ، وثانيهما بعده أو قربه من العين . فإذا ظهر جسمان أحدهما بقرب الآخر ، وتوهم الإنسان أو علم يقينا أن أحدهما أبعد تراءى له هذا أكبر . » وقد ذكر الأستاذ نظيف ذلك بنصه فى كتابه « علم الطبيعة » وأردفه « بأنه لا يزال مقبولا إلى وقتنا الحاضر » . ويقول الحسن أيضا إن سبب هذا الخطأ يرجع إلى أننا اعتدنا الحكم على الأشياء دائما بمقارنتها بما هو موجود على سطح الأرض .

وقد بحث الحسن فى تغير مواضع الأجرام السماوية بسبب انعطاف الضوء رويدا رويدا فى طبقات الهواء المختلفة الكثافة ، فتبدو أقرب إلى السمت من مواضعها الحقيقية . وأشار إلى ما ينشأ عن ذلك من خطأ الأرصاد وإلى وجوب تصحيح الخطأ . وبين أن الأجرام السماوية تظهر على الأفق عند شروقها قبل أن تصل إليه فعلا ، وتبقى كذلك ظاهرة عند الغروب بعد احتجابها فعلا تحت الأفق ، فينشأ عن ذلك فى حالة الشمس امتداد النهار من طرفيه . وقد قرأت مقالا طريفا فى هذا الصدد للأستاذ الدكتور مشرفة بك عميد

كلية العلوم نشرته له مجلة الرسالة تحت عنوان « نور الشمس فى منتصف الليل » .

وتلك هى ظاهرة الانعكاس الكلى ، والسراب أحد مظاهرها .



(شكل ١٥) الانعكاس الكلى

وكان الحسن أول من خطأ نظرية إقليدس وغيره فى أن شعاع الضوء ينبعث من العين ويقع على المرئى ، وقرر عكس ذلك أى أن شعاع الضوء يخرج من المرئى و يقع على العين . وتقدم الحسن كثيرين غيره ممن كتبوا فى موضوع تركيب العين ، معتبرا عدستها فى مركز الحدقة كلها ، وعزا حدوث الرؤية إلى ما نسميه الآن « شبكية العين » وقال بأن حاسة الأبصار سببها التأثير الحاصل فى المخ بالعصب البصرى . وعلل رؤية الشىء واحدا على الرغم من النظر إليه بالعينين بوقوع الصورتين على جزئين متماثلين من شبكية العين . وهذا هو نفس ماتذهب إليه الكتب الحديثة ، ولعله كان أساس جهاز الأستريوسكوب المذكور فيها .

وقد سبق أن قلنا إن كتب الحسن كلها ترجمت إلى اللاتينية و إن ناقلها إليها مجهول ، فكانت هذه الترجمة اللاتينية أساس درس مفصل أجراه العالم البولندى فتلو Wetelo سنة ١٢٦٠ ميلادية ثم دونه . فتأثر بكتابته كثيرا العالم الشهير الذى وليه وهو روجر بيكون أحد أئمة علماء الفيزيقا . وما كان كتاب فتلو فى الحقيقة إلا نسخة منقحة لجميع بحوث الحسن فى علم الضوء .

انتقال العلوم الى أوروبا المسيحية

من حسن حظ أوروبا أنها لم تعـدم رجالا من بنيها شغفوا بالعلوم العربية الجديدة إذ ذاك ، فبدأت تتسرب إليها بالتدريج هذه العلوم إذ ظهرت فيها مصنفات رجال من أمثال سبتاى بن ابراهام اليهودى المعروف باسم دونلو الأوترانتوى ، وكان يمارس صناعة الطب فى بلدة روسانو من أعمال إيطاليا الجنوبيـة . أسره العرب فى النصف الأول من القرن العاشر وأخذوه معهم إلى بغداد فتعلم العربية هناك ، وتمـكن من دراسـة العلوم الحديثة إذ ذاك ، فاستطاع بعد عودته من الأسر أن ينقلها إلى الغرب . كذلك كان قسطنطين الأفريقى مثلا آخر من هذا الطراز ، فقد كان من قرطاجة ، وكان يتكلم العربية بالطبع ويجيدها قراءة وكتابة . وصل إيطاليا حوالى سنة ١٠٦٠ ميلادية ، وهناك انضم إلى طغمة الرهبان فى مونتكاسينو وتطوع من تلقاء نفسه لترجمة مصنفات العرب فى الطب والعلوم إلى اللاتينية ، ويقال إن ترجمته كانت ركيكة . وظهر فى القرن العاشر الراهب جربرت الذى صار فيما بعد البابا سلفستر الثانى . قضى بضع سنين فى برشلونة فتعلم العربية وأجادها ، ثم مضى يدرس كتب العرب العلمية . وعاد بعدئذ إلى إيطاليا فاستطاع أن ينقل إلى الغرب ثمار مجهوداته مما وقف عليه من علوم العرب .

فهؤلاء وأمثالهم ساعدوا على نقل العلوم ببطء إلى أوروبا فأوجدوا فيها بدء نهضة علمية جديدة . ولـكن ماذا كانت طبيعة هذه النهضة العلمية التى بدأت تظهر فى أوروبا ؟ إن المصادر الأصلية كانت كتب الإغريق ، وهذه ترجمت إلى العربية ، ومن العربية ترجمت إلى اللاتينية . وكانت طليطلة فى إسبانيا أشهر مركز لذلك ، لأنها ظلت مسيحية تقريباً نظراً لبعدها شمالا عن قرطبة . فلا عجب إذن أن التوت بعض التراجم عن الأصل الإغريقى بالنظر لـكثرتها . وعلى كل حال عادت إلى أوروبا من جديد تعاليم أرسطو وأفلاطون و بطليموس وغيرهم ، وانقضى هذا العصر المظلم فى تاريخ أوروبا العلمى ، وظهرت تباشير عصر علمى جديد . وبدأت الجامعات ومعاهد العلم تظهر فى دول أوروبا المختلفة . وما وافى القرن الثالث عشر الميلادى حتى كانت علوم العرب كلها قد انتقلت إلى أوروبا

الغربية . ومع هذا الاهتمام بالعلوم فقدكان ثمت نقص يعيبها ، ذلك هو كما قلنا التواء الترجمة فى الكتب المنقولة التى طغت على الجامعات ودور العلم . فرأوا أن خير وسيلة تصل بهم إلى علم القدماء وحكمتهم أن يدرسوا اللغة الإغريقية . وكان أول من نادى بذلك طغمة الفرنسسكان . وكان أشهر هؤلاء روجر بيكون الإنجليزى ، وقد مر بنا أنه اعتمد على مصنفات الحسن بن الهيثم . على أنه لما اشتغل روجر هذا بالكيمياء ، وقال إن الهواء مكون من غازات مختلفة رمى بالسحر و بأنه على اتصال بالشيطان ، فاضطهد وسجن ولبث فى السجن سنين .

وعنى كثيرون غير هذا بالعلوم الطبيعية ، والفيزيقا من بينها ، ولكنهم لم يحدثوا جديداً يذكر ، بل إنهم من الوجهة العلمية لم يبلغوا شأو علماء العرب المعاصرين لهم أو الذين كانوا قبلهم ، ومع هذا فقد تهجموا عليهم بأن أغفلوا ذكر المصادر التى نقلوا عنها ، وزادوا على ذلك أنهم نسبوا لأنفسهم كثيراً من تصانيف العرب . وما كان هذا من الأمانة العلمية فى شىء .

الفلسفة الدينية وبدء عصر النهضة

وعلى الرغم من أن علوم العرب بدأت تنتشر عند الغربيين فى القرون الوسطى فإن جمهرة الأوروبيين من المفكرين كانوا فى شاغل عنها ببحوثهم الدينية أو اللاهوتية . ولكن سرعان ما ارتقت الفلسفة عندهم بعد اطلاعهم على تراجم كتب ابن سينا وابن باجة وابن رشد فى الفلسفة وتعليقاتهم على أرسطو . غير أن سلطان رجال الدين كان نافذاً على العقول ، فاتجه البحاث فى الفلسفة إلى تطبيقها على الدين ، وفى هذا من الخلط والنقص ما فيه . وخير ما أذكره بهذا الصدد كلام المقدسى المذكور فى كتاب القفطى قال : —

« الشريعة طب المرضى ، والفلسفة طب الأصحاء . والأنبياء يطبون المرضى حتى لا يتزايد مرضهم ، وحتى يزول المرض بالعافية فقط . وأما الفلاسفة فإنهم يحفظون الصحة على أصحابها حتى لا يعتريهم مرض أصلا . و بين مدبر المريض و بين مدبر الصحيح فرق ظاهر وأمر مكشوف ، لأن غاية تدبير المريض أن ينتقل به إلى الصحة . هذا إذا كان

الدواء ناجعاً والطبع قابلا والطبيب ناصحاً . وغاية تدبير الصحيح أن يحفظ الصحة ، و إذا حفظ الصحة فقد أفاده كسب الفضائل وفرغه لها وعرضه لاقتنائها . وصاحب هذه الحال فائز بالسعادة العظمى ، وقد صار مستحقاً للحياة الإلهية . والحياة الإلهية هى الخلود والديمومة . و إن كسب من يبرأ من المرض بطب صاحبه الفضائل أيضاً فليست تلك الفضائل من جنس هذه الفضائل ، لأن إحداهما تقليدية والأخرى برهانية ؛ وهذه مظنونة ، وهذه مستيقنة ؛ وهذه روحانية ، وهذه جسمية ؛ وهذه دهرية ، وهذه زمانية » .

وهذا الكلام نوع من الفلسفة أيضا ومنه يتضح أن تطبيق الفلسفة على الدين خالط فى الأوضاع ، لأن الفلسفة فى الأصل لم توضع لتلك الغاية . « ولم تكن العقائد المنتشرة وقتئذ تقبل البحث والتحليل الفلسفى وتقوى عليهما ، فقصرت الفلسفة فى أيديهم عن الغاية التى يريدونها » .

وفى هذه الظروف وقعت فى العالم أحداث حررت العقل الإنسانى من كل ما يحيط به من قيود ، كقيام حركة الإصلاح الدينى وظهور الطباعة ، فبدأت نظم القرون الوسطى تتغير ، واتسع المجال أمام العقل بعد رحلات كولمبس وماجلان وغيرهما من الرواد ، وتنبه المفكرون إلى أن رجال الكنيسة يسرفون فى تمسكهم بآرائهم العتيقة البالية ، وتبينوا عقم أساليبهم فى البحث والجدل العاميين ، فشقوا عصا الطاعة على الفلسفة الدينية والفلسفة اليونانية أيضاً ، ودعوا إلى البحث بطريقة أخرى مبنية على مجرد التجربة والاختبار . وسنرى مُثلا لذلك فيما سيجىء من فصول هذا الكتاب .

فلما هوجمت الفلسفة هذه المهاجمة العنيفة انتعشت العلوم الطبيعية انتعاشا عظيما كان لها بمثابة نشأة جديدة ، وأخذ علم الفيزيقا يتسع و يتقدم نتيجة لكل ما مضى من الاعتبارات . ولما اتجهت الآراء العلمية هذه الوجهة المغايرة ظهرت تترى تلك الكشوف العلمية البارعة ، التى هى قوام علم الفيزيقا الحديث ، على أيدى كل من كوبرنيق وكبلر وغاليليو ونيوتن وغيرهم . وظلت آراء نيوتن ونظرياته سائدة إلى أن ظهر علماء المدرسة الحديثة ، وفى مقدمتهم كبيرهم العلامة أينشتاين ، فقلبوا بنظرياتهم كثيرا من الأوضاع والقواعد المتعارفة ، و بلغوا ما لم يكن يحلم به الإغريق ولا الرومان ولا العرب . وكان من نتيجة تقدم البحث فى المادة

وما وراء المادة فى الوقت الحاضر أن تلاقى علم الفيزيقا بالعلم الروحى الحديث ، واستطاع العلماء مخاطبة الأرواح بالصوت المباشر ، وتحديد عالم الروح فى خريطة الكون . وأصبح العلم الروحى يدرس الآن فى جامعات البرازيل وفينزويلا من جمهوريات أمريكا ، والمنتظر أن يتقرر تدريسه فى جميع الجامعات العالمية فى المستقبل القريب .

* * *

وإلى هنا أقف حديثى عن فيزيقا العرب مكتفيا بما قدمت ، لافتا النظر إلى أنى تركت مالا يفيد ذكره فى مثل هذا الحديث ، لأن البحث فيه يستلزم الدخول فى تفصيلات معقدة . وإخال قرائى يشاركوننى الحسرة على اندثار هذا الصرح الشرقى العربى الصميم . على أن فيما نراه الآن من نهضة الأمم الشرقية العربية — ومصر فى الطليعة — ما يبشر بمستقبل مزهر إن شاء الله .

الفصل الخامس

وليم جلبرت

واضع أساس علمى الكهربائية والمغناطيسية



(شكل ١٦) وليم جلبرت

كان الأقدمون إذا فجأهم أمر يختص بقوى الطبيعة فخيرهم يلجأون إلى الكتب التى تركها أسلافهم يستوحونها حل المشكل القائم . أى أنهم بدلا من اللجوء إلى التجربة والاختبار كانوا يهرعون إلى الكتب يقرأون ما كتبه الحكماء فى القديم عن مثل ما يعترضهم من الموضوعات . وكانوا يعتقدون أنهم غير قادرين على بز أئمتهم ومعلميهم السابقين فى العلم والحكمة ، مقتنعين تماما بأن ما كان يجهله هؤلاء الأئمة القدماء لا يصح ، بل لا يستحق ، أن يعرفه أحد . فكانت هذه العقيدة سبباً فى بطء تقدم العلوم فى أوروبا فى القرون الوسطى . وظل هذا الركود من القرن السادس تقريبا إلى القرن الخامس عشر . ولكن لما استكشف كولمبس برحلته العظيمة دنيا جديدة كان يجهلها أولئك الأئمة الأقدمون تحطمت قيود التقاليد العتيقة تلك ، وبدأ يظهر عهد جديد هو عهد التجريب والاختبار كما قلنا فى الفصل السابق .

وكان الدكتور وليم جلبرت أحد أئمة هذا العهد الجديد . ولد فى كلشستر (فى اسكس) سنة ١٥٤٠ ، وكان أبوه مسجل تلك المدينة . تلقى العلم فى كمبردج وأتم دراسة الطب وهو فى التاسعة والعشرين من عمره . وعين طبيبا خاصا للملكة اليزابث ، واختير سنة ١٦٠٠ عميدا لكلية الطب الملكية .

وضع أساس علمى الكهربائية والمغناطيسية ، فجمع كل ما كان معروفا عنهما إذ ذاك ، وأضاف إليه التجارب الجديدة القيمة التى أجراها فى هذا الصدد والنتائج التى وصل إليها ، وذكر ذلك كله فى كتاب كبير نشره فى لندن وسماه « فى المغناطيس والمغناطيسية والمغناطيس الأكبر الذى هو الأرض » فكان هذا الكتاب أول كتاب علمى قيم خطه يراع انجليزى وقد حمل فى غير موضع من كتابه هذا على فلاسفة القرون الوسطى الذين يتقيدون بأقوال السلف دون بحث وتنقيب . وضمن مقدمته قواعد جديدة للاسترشاد بها فى البحث العلمى حاضرا ومستقبلا قال : —

« فى كشف الأسرار وفحص خبيء الأشياء وخفى الأمور ، يجب أن تكون البراهين مبنية على التجارب الصادقة لا على ما يرجحه العلماء والفلاسفة من الآراء والعقائد الظنية . وعلى ذلك فلكى نفهم جيدا تلك المادة النبيلة ، مادة ذلك المغناطيس العظيم الذى لا يزال مجهولا وأقصد به الأرض ، وتلك القوى العظيمة الكائنة فى دنيانا هذه سأبدأ أولا بفحص القضبان المغناطيسية ، وتلك الأجزاء الأرضية القريبة التى فى متناول أيدينا وحواسنا . وبعد ذلك أبدأ فى عرض تجاربى المغناطيسية الجديدة ، فأصل من ثم لأول مرة إلى أعمق أجزاء الأرض .

« إننى بعد أن رأيت وفحصت كثيرا من الأشياء التى جئت بها من أعالى الجبال ومن أعماق البحار ، أو من الكهوف الغائرة والمناجم العميقة ، بذلت جهدا كبيرا فى بحث القوى المغناطيسية التى تفوق فى غرابتها كل ما يحيط بنا من الأشياء الأخرى . ولم يذهب عبثا ذلك النصب الذى لاقيت حيث أنتج وأثمر ، لأن خواص جديدة لم تكن متوقعة صارت تتضح وتبدو يوميا للعيان خلال تداريبى . وزادت معلوماتى عن طريق المشاهدة الفعلية هذه حتى خلت أنى مستطيع استكشاف الأجزاء الداخلية فى أرضنا ، قادر على وصف مادتها بناء على القواعد المغناطيسية ، كاشف لبنى آدم أمهم الأرض ، مظهر لهم خفاياها بتجارب واقعية تدركها عقولنا ومشاعرنا .

« وكما أن علم الهندسة يبدأ بالقواعد الصغيرة جدا البسيطة جـدا ثم يتدرج منها إلى القواعد الكبيرة الصعبة جدا ، كذلك يبدأ علم المغناطيسية بالأشياء البسيطة ثم يستنبط

منها ما هو أعظم ، وإذا بنا فى النهاية نرى خفايا أرضنا ، وقد تكشفت أمامنا ، ونفهم المسببات التى خفيت أسبابها واستعصت بسبب جهل المتقدمين أو إهمال المتأخرين » .

ومضى جلبرت يتساءل لماذا هو يعرض نفسه لهجمات أولئك الذين يسمون أنفسهم علماء وما هم بعلماء ، ويقف بالمرصاد لنقدهم وهم لا يعرفون من الحقائق شيئا ، فقال : —

« فلماذا أضيف إلى مثل هذا الخضم من الكتب التى أضنت العقول والأفهام ، والتى سكر بها العالم ولهج بذكرها الناس دون وعى — تلك الكتب التى كتبها قوم يجهرون بأنهم فلاسفة وأطباء ورياضيون ومنجمون ، ثم هم يهملون أهل العلم ويحتقرونهم — أقول لماذا أضيف شيئاً إلى مجموعة الكتب المضطربة هذه ، وأعرض هذا العلم النبيل الطريف الذى قد لا يصدقه أهل العنت ، إلى أن يمزقه شر ممزق أولئك المتعنتون البلهاء الذين يتشبثون بآراء غيرهم ويتشيعون لها بالحق وبالباطل . فإليكم أنتم وحدكم يا رجال العلم النبلاء الصادقين ، يامن تبحثون عن العلم لا فى الكتب فقط بل فى صميم الأشياء والحقائق ، أقدم هذه القواعد المغناطيسية ، وهذا النوع الجديد من الفلسفة أو العلم . فإذا كان منكم نفر لا يوافقون على آرائى فإنى ألفت نظرهم إلى التجارب التى أجريتها والكشوف التى وصلت إليها بعد كثير من النصب والسهر والمال ، وليسعدوا بهذه التجارب والكشوف ، وليستخدموها أحسن مما استخدمتها إن استطاعوا إلى ذلك سبيلا » .

على أن ملاحظات جلبرت بخصوص الطريقة السليمة الواجب اتباعها فى إجراء التجارب ، وشرحه الواضح لها والعناية التى يجب تناول أعمال الغير بها لا تزال كما هى حقة صادقة واجبة الاتباع فى أيامنا الحاضرة . قال : —

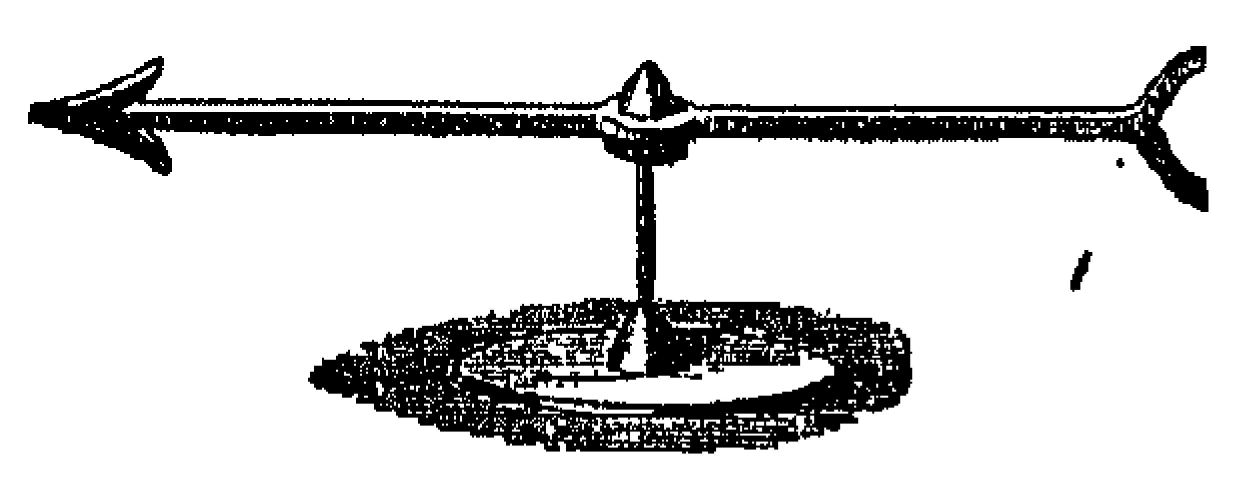
« كل من يرغب فى إجراء نفس التجارب فليتناول الأمر لا بالاستهتار بل بالحزم والعزم والطريق القويم والسبيل المستقيم ، فإذا لم تنجح تجربته فلا يقلل بجهله من شأن كشوفى ، لأنى لم أضمن كتابى هذا شيئاً لم يمحص ويجرب عدة مرات . إن هذا العلم الطبيعى جديد كله تقريباً لم يسمع به أحد إلا ما تناوله بعض الكتاب ، وقليل هم ، بخصوص بعض القوى المغناطيسية الشائعة . وعلى ذلك فقلما استشهدت بأقوال الإغريق القدماء لدعم ما أقول ، لأن الحقيقة لا يمكن إثباتها والتدليل عليها بحجج الإغريق أو بكلامهم ،

إذ أن علم المغناطيسية الذى وضعته يختلف مع معظم قواعدهم وآرائهم .

« كما أنى لم أستخدم فى كتابتى نوعاً من البيان الساحر أو الكلام المزوق ، بل إنى شرحت الأمور الصعبة المجهولة فى كلمات واضحة وعبارة مفهومة . غير أنى فى بعض الأحيان استعملت كلمات جديدة وغريبة ، لا لأخفى الحقائق أو أحيطها بالغموض ، كما كان يفعل الكيماويون القدماء ، بل لكى أشرح شرحاً واضحاً بسيطاً صحيحاً تلك الأشياء الخفية التى لم يشاهدها أحد من قبل ولم يضع لها اسماً . ولا يفوتنى أن أبدى الاحترام الواجب لواضعى الفلسفة القدماء لأن الحكمة انتقلت إلى الخلف عن طريقهم . ولكن عصرنا قد كشف القناع عن حقائق كثيرة جدا كانت خفية ، ولو كان هذا السلف حيا الآن لقبلها بكل سرور . ولذا فإنى لم أتردد فى أن أشرح عمليا ونظريا تلك الأشياء التى استكشفتها بعد طويل التجارب » .

ظاهرتا التكهرب والتمغطس

ميز جلبرت فى كتابه هذا بين ظاهرتى التكهرب والتمغطس . ففى الأولى قسم الأجسام قسمين ، الأجسام التى سماها « كهربائية » وهى التى رآها قابلة للتكهرب بالدلك ، والأجسام التى سماها « غير كهربائية » وهى التى لم يستطع أن يجعلها تكتسب بالدلك خاصة جذب الأجسام الخفيفة إليها . وقد استعمل فى تجاربه هذه جهازا أسماه « الإبرة الكهربائية » ابتكره هو ويتركب من إبرة خفيفة من القش ترتكز على محور رأسى بحيث تكون قابلة للدوران فى مستو أفقى ، وتشبه عندئذ الإبرة المغناطيسية المعتادة التى كثيراً ما تستعمل فى التجارب الأولية فى المغناطيسية ، فرأى أن الكهرباء وكثيراً من الأجسام إذا دلكت ثم قربت من الإبرة الكهربائية انجذبت الإبرة إليها ، وذلك يدل على تكهرب تلك الأجسام بالدلك .



(شكل ١٧) إبرة جلبرت الكهربائية

ويقول جلبرت نفسه إنه جعل يفحص خامات الحديد المتعددة ، وسرعان ما وجد



(شكل ١٨) جلبرت يجرى تجاربه الكهربائية أمام الملكة اليزابث ورجال البلاط

أن واحداً منها ، هو الأسود ، مغناطيسى بطبيعته . فأجرى عدة تجارب على الإبرة المغناطيسية التى استعملها من قبله الإيطاليون والعرب ، والتى استعملها الصينيون قبل هؤلاء . وكان جلبرت أول من أثبت أن المغناطيس الطبيعى أو الحجر المغناطيسى ليس المغناطيس الوحيد الممكن ، وأن ساق الحديد يمكن أن تستحيل مغناطيسا بمجرد تعليقها فى الاتجاه الذى تدل عليه الإبرة المغناطيسية ، أو تسخينها ثم طرقها وهى فى هذا الاتجاه عينه . وهو الذى زاد فى قوة المغناطيس الطبيعى زيادة عظيمة بتغطية كل من طرفيه بغلاف أو درع .

ولقد أدرك جلبرت كثيراً من أغلاط من سبقه من البحاث وعالجها . ومن بين هذه الأغلاط تلك القائلة بوجوب تغذية الحجر المغناطيسى ببرادة الحديد لكى يحتفظ بقوته المغناطيسية . وكانت طريقة سابقيه فى هذا الصدد أن يأخذوا حجراً مغناطيسيا ذا وزن معلوم ثم يغمروه فى قدر من برادة الحديد معروف الوزن أيضاً . و بعد ترك الحجر كذلك عدة شهور يرفعونه ثم يزنونه هو والبرادة من جديد . فكانوا يظنون أن الحجر صار أثقل قليلا وأن البرادة صارت أخف قليلا . بل إن الفرق كان من الضآله بحيث كانوا أحياناً يظنون أنه لا فرق البتة بين الوزنين . ولكن جلبرت قال إنه فى حالة وجود فرق يكون بعض البرادة قد لصق بالحجر فجعله أثقل قليلا . وعلى أى حال لم تكن هناك بينة تدل



(شكل ١٩) مغطسة ساق من الحديد يطرقها

على أن الحجر قد امتص أى غذاء لـكى يحتفظ بقوته .

ومما ينسب إلى باراسلسوس أنه كان يظن أن قوة المغناطيس يمكن أن تتضاعف عشر مرات إذا هو سخن إلى درجة الاحمرار تقريباً ثم نقع بعـدئذ فى زيت الزعفران . وكان يقول إن الحجر المغناطيسى بهذه الطريقة تشتد قوته حتى ليجذب إليه المسمار المدقوق فى الحائط ، وحتى ليأتى بأشياء أخرى عجيبة لا يستطيعها أى حجر مغناطيسى عادى . وهذا فى الواقع لا يتفق والحقيقة ، لأن جلبرت وجد أن الحجر المغنـاطيسى الذى يعالج بهذه الوسيلة لا يكتسب قوة جديدة بل يفقد جزءاً من قوته .

وكان جلبرت أول من برهن أن أشـد قوة مغناطيسية توجد عند نقطتين متقابلتين فى الأجسام المغناطيسـية ، وقد سمى كل نقطة منهما « قطباً » وبرهن على أن القطبين المتماثلين ، أى اللذين يتجهان اتجاهاً واحـداً حينما يعلق المغناطيس ، يتنافران ؛ وأن المختلفين ، أى اللذين يتجهان اتجاهين متضادين ، يتجاذبان . وقال بأن المغناطيس يمكن أن يوجد على جملة أشكال متباينة ، وأن قطعة الحديد مهما كان شـكلها يمكن مغطستها ، فإذا ما تمغطست تماماً ظهر لها قطبان .

مغناطيسية الأرض

وحدث جلبرت نفسه عما إذا كان يمكن أن يوجد مغناطيس على شكل كرة . فصنع كرة من الحديد كقنبلة المدفع ثم مغطسها بدلكها بحجر المغناطيس ، وعندما أتم دلكها جاء بإبرة مغناطيسية صغيرة وقربها منها فوجد الإبرة قد سلكت كما لو كانت كرة الحديد هي الأرض نفسها ، بمعنى أن الإبرة اتجهت إلى القطبين ، وأن اتجاهها تغير باختلاف بعدها عنهما . ومن ثم ظهرت له الحقيقة ناصعة ، وهي أن الأرض نفسها مغناطيس كبير . وكان هذا رأياً جديدا لم يسبقه إليه أحد . لقد كان القدماء يظنون أن انجذاب الإبرة المغناطيسية يرجع إلى وجود بعض جبال مغناطيسية في الشمال ، أو إلى وجود نجم ما في ذيل كوكبة الدب الأكبر التي هي مجموعة تتألف من سبع نجوم ، تبدو كأنها تدور في السماء حول القطب الشمالي .



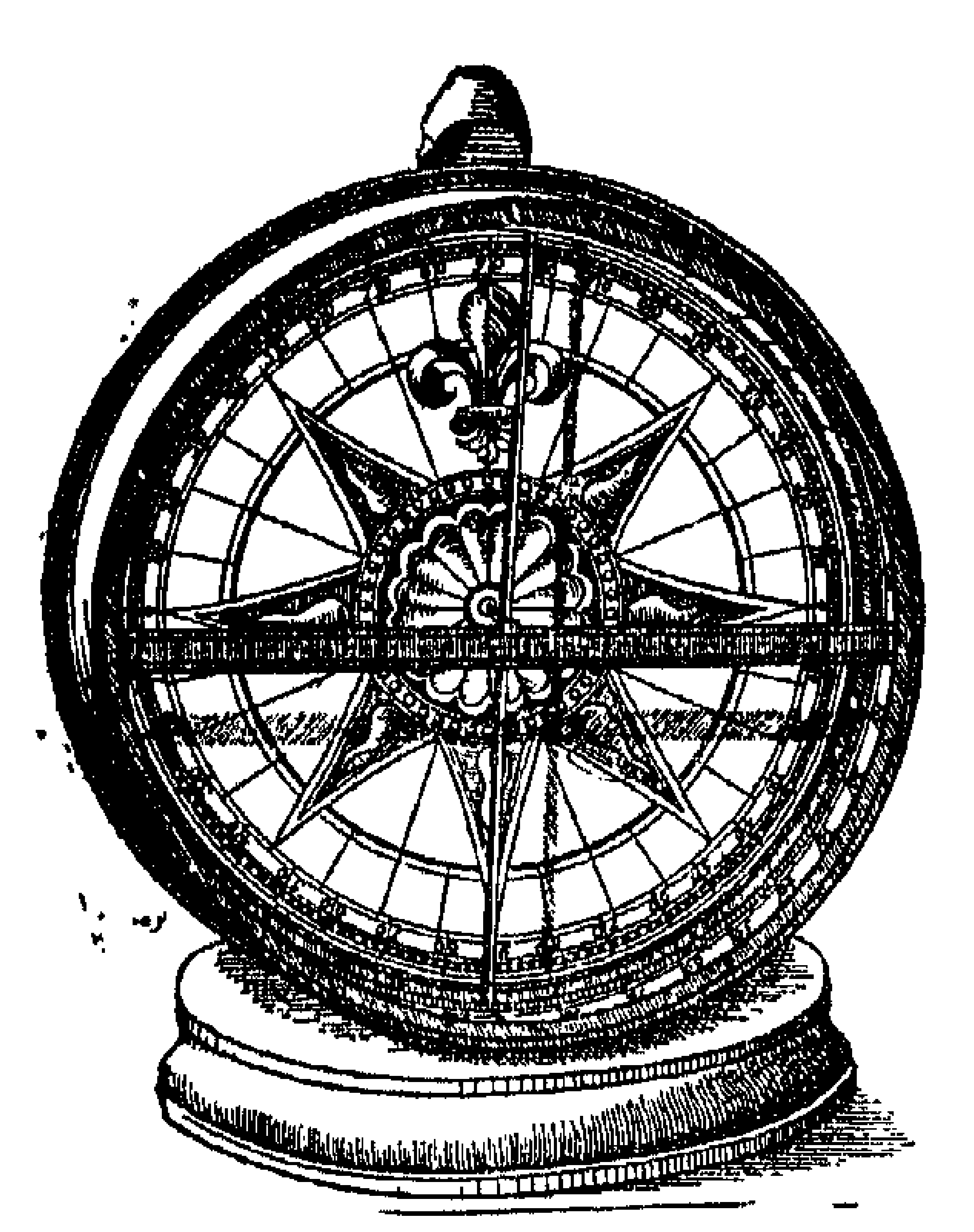
(شكل ٢٠) الأرض مغناطيس كبير

ولكن هذا الرأي انتهى واندثر ، إذ لم يمكن القول به بعد أن ظهرت الحقائق تترى . فأولا لما كانت النجوم تبدو كأنها تتحرك في القبة السماوية حول القطب الشمالي ، فالمعقول بطبيعة الحال أن يتغير اتجاه الإبرة المغناطيسية في غضون كل أربع وعشرين ساعة . ولكن هذا لم يحدث . وأما إذا كانت الجبال المغناطيسية موجودة عند القطب الشمالي ، فإن الإبرة تكون أفقية فقط في المناطق القريبة من هذه الجبال . أما في الجهات الجنوبية براً أو بحراً ، فإن الإبرة تنخفض عن الأفق ، ما دام القطب نفسه ينخفض عن الأفق بزاوية كبيرة . وتتضاءل هذه الزاوية التي تصنعها الإبرة مع الأفق شيئاً فشيئاً كلما اقتربت الإبرة من القطب . ولكن هذا عكس الواقع على خط مستقيم . فالإبرة إذا كانت متزنة تماماً قبل مغطستها تفقد اتزانها إذا لمسها مغناطيس لأنه يمغطسها . وينخفض قطبها المشير إلى الشمال ، ويرتفع قطبها المشير إلى الجنوب . ويكون ذلك دليلا على وجود جبال مغناطيسية عند قطب الأرض . ولكننا إذا سرنا صوب خط الاستواء يتضاءل « ميل » الإبرة هذا شيئاً فشيئاً حتى

ينعدم وتصير أفقية تماماً . وإذا نحن سرنا نحو القطب كبر هـذا الميل شيئاً فشيئاً حتى تصبح الإبرة رأسية تماماً .

وقد وجد جلبرت أن الإبرة الصغيرة التى تقرّب من كرة مغناطيسية تسلك هـذا المسلك عينه . ففى منتصف المسافة بين القطبين تـكون الإبرة موازية لمحور الـكرة . وعند القطبين تتجه الإبرة رأسياً إلى مركز الـكرة . فإذا كان تغير هذا « الميل » منتظما تماماً ، اسـتطاع البحارة أن يعرفوا خطوط العرض فى البحار ، وذلك بمجرد معرفتهم « الميل » . وظن جلبرت أن ذلك جائز وصحيح ، ولـكنه كان مخطئاً فيه ، لأن « الميل » لا يتغير فحسب بتغير المـكان تغيراً منتظما ، بل لأنه يتغير فى المـكان الواحد كل قرن من الزمان . أى أنه فى المـكان الواحد قد يكبر وقد يصغر من قرن إلى قرن .

واستكشف جلبرت خاصية أخرى للإبرة الجديدة ، وهى خاصية « انحراف » الإبرة أى انعطافها عن الشمال الحقيقى ، فنسب هـذا الانعطاف إلى عدم انتظام توزيع الماء واليابسة فى الأرض . وظن أن الجبال تجذب الإبرة المغناطيسية إليها ، وبذلك تحدث اضطراباً فى فعل الأرض المغناطيسى جملة . وهنا نراه أخطأ المرة الثانية . وذلك لأن التجارب والأرصـاد التى توالت من أيامه إلى وقتنا ، قد دلت على أن هذا الانعطاف كالميل ليس ثابت المقدار بل يختلف أيضاً فى المكان الواحد من قرن لقرن . وإذن يكون من الخطأ الظن بأن جبال الأرض التى تحتفظ بحدودها وكيانها قروناً عدة دون أن يعتورها تغـير هى السبب فى هذا الانعطاف المشاهد .



(شكل ٢١) إبرة ميل مغناطيسى قديمة

والحق إن جلبرت قد أخطأ كما أخطأ سابقوه . ولـكننا نغتفر له هذا الخطأ ، لأنه بنى براهينه على ما كان قد وصل إليه من الحقائق الواقعية وقتذاك ، وما كان فى وسعه

أن يجرى بنفسه تجارب وأرصاداً ومشاهدات تستمر قرناً من الزمان ؛ ثم هو من جهة أخرى لم تكن لديه مدونات لأرصاد امتدت زمناً طويلا . فبراهينه كانت على قدر ما وجد لديه من الحقائق . أما تلك الحقائق التى وصل إليها غيره ممن جاءوا بعده فقد أدت بطبيعة الحال فى حالات كثيرة إلى نتائج جديدة كان يرحب بها جلبرت ويقرها لو أن الله مد فى عمره هذه السنين الطوال . نعم إنه كان يكون أول من ينادى بها وإن تكن مخالفة لما كان قد وضعه قبلا من النظريات . ففى مجال العلوم العلمية على الأخص لا يمكن أن يوجد إمام مطلق أو حاكم مستبد — دكتاتور — كما فى عالم السياسة . على أن جلبرت نفسه كان ممن شقوا عصا الطاعة على التقاليد ، فجاهر برفض فكرة التقييد بآراء السلف ، وقال بأن العالم الحكيم الفيلسوف مهما كان موهوباً أو ممتازاً فى عقله لا يستطيع أن يهيمن على عقول كل من يجيئون بعده فيتسلط على أفكارهم وآرائهم . وبذلك وطد جلبرت أحد مبادىء العلم الحديث .

النظرية العلمية

والواقع أنه عند ما تتجمع لديك الحقائق جميعها يصح لك أن ترتبها ترتيباً ما ، وأن تنظر إليها من وجهة نظر خاصة ، مقيداً بقواعد خاصة . فوجهة النظر هذه هى التى تسمى نظرية علمية ، وتصبح قائمة بذاتها . ومتى ما تم وضع النظرية أمكننا فى ضوئها فحص الحقائق المختلفة بتفصيلاتها المعقدة المحيرة . فالنظرية إذن وسيلة ناجعة لتقليل مجهود المخ — وهو المجهود اللازم لتذكر عدد كبير من الحقائق والمعلومات . وهى تدل أيضاً على الاتجاهات التى يصح أن يبحث فيها عن حقائق جديدة ، فإذا ما وجدت هذه الحقائق الجديدة ، دلتنا النظرية أيضاً على التفسيرات الممكنة لها . وعندئذ تكون النظرية العلمية قد بلغت غايتها .

ليس ثمت شيء فى العلم كالحقيقة المطلقة . والنظرية تكون صحيحة سليمة ما دامت لا تتعارض مع الحقائق ، فإذا ما استكشفت أمور واقعية جديدة لا تتفق والنظرية سقطت النظرية وانهدمت . ولما كان الكثيرون يتابعون البحث يومياً وراء كشف الجديد

من الحقائق فهل يمكن أن توجد نظرية تكون بالغة حد الكمال المطلق ؟ حقيقة إن نتائج المشاهدات الدقيقة الصحيحة تظل كما هى ، ولكن تفسير التأثيرات المشاهدة يتغير كلما تزايدت معلوماتنا بخصوص طبيعة الكون . وفى هذا نختلف عن أسلافنا . إننا نريد من العلم أن يظل حياً مطرد النمو ، ولا نريد مع هذا أن نفقد ثمار عمل هذا السلف ، وسيكون لنظريات هذا السلف مكانها منا ، وسنحتفظ بها دون تغيير إلى أن نضطر اضطراراً إلى تغييرها عن طريق استكشاف حقائق جديدة صادقة تثبت صحتها ثبوتا قاطعاً ، وبهذا نتقدم خطوة خطوة مرتادين فى العلوم أصقاعا لا يمكن أن يرى أحد حدودها .

* * *

وعلى هذا النمط وقف جلبرت من سابقيه ، وعلى هذا النمط أيضاً وقف من جلبرت لاحقوه ، وراح كتابه على رغم ما فيه من أمثال هذه العيوب يمثل الدور الأول فى تكوين علمى الكهربائية والمغناطيسية . ويقال إن العالم الشهير غاليليو قد أعجب بكتاب جلبرت إعجابا شديداً جعله يتمدح به ، مناقضاً فى ذلك ما ذهب إليه العالم الكاتب الإنجليزى الشهير فرانسيس بيكون من تقليله من شأن كشوف جلبرت . وخير ما أختتم به الحديث عن جلبرت أن أذكر ما قاله الشاعر الإنجليزى دريدن بشأنه فقد قال : « سيبقى جلبرت ما بقيت حجارة المغناطيس تجذب إليها الحديد » .

الفصل السادس

غاليـــليو



(شكل ٢٢) غاليليو غاليلي

أكبر أئمة العلم والاختراع فى نظر كثيرين . ولد سنة ١٥٦٤ فى مدينة بيزا فى شمال إيطاليا . وكان أبوه عالماً أريباً وكاتباً ممتازاً ، عشق الأدب وأغرم به ، ولكنه لم يتفرغ إليه لانشغاله فى تجارة الأصواف لكسب قوته وقوت عياله . وما كاد ولده غاليليو يتم دراسته الابتدائية ، حتى بعث به إلى دير يتلقى فيه الأدب على أيدى الرهبان . وكاد ينخرط فى سلك الرهبنة لولا أن أباه كان انتوى إعداده لغيرها . وقد كانت رغبة الأب فى مبدأ الأمر أن يدرب الابن على تجارة الأصواف لكى يشترك معه فى الكسب والإنفاق على الأسرة ، ولكن الصبى غاليليو أظهر ذكاء نادراً عز على أبيه أن يقبره ، فاستقر رأيه على أن يلحقه بالجامعة لكى يدرس الطب فيها .

وسرعان ما ظهرت على غاليليو فى أيامه الجامعية الأولى نزعته إلى الاستقلال فى الرأى والفكر ، و بلغت جرأته أن يناقش فى أيامه الثائرة تعاليم أرسطو . ولا يخفى أن الإقدام على ذلك وقتذاك كان يستلزم شجاعة نادرة ، إذ كانت علوم الأقدمين تكاد تعتبر مقدسة لا تقبل جدلا ولا نقاشاً . وكان كثير الأسئلة حتى لقبوه « بالمجادل » الشكس و يشاء الله أن يكون هـذا اللقب « المجادل » فيما بعد من ألقاب الشرف الجامعية ، التى تمنحها جامعة كمبردج للناجح النابه فى الامتحانات العلنية التى كانت تعقدها فى العلوم الرياضية على طريقة الامتحانات الأزهرية القديمة .

ولما بلغ غاليليو العشرين من عمره كان قد برع فى اللغتين اللاتينية والإغريقية ، وفى التصوير والموسيقى ، ولكنه ظل مع ذلك منزويا بسبب نزعته الاستقلالية فى التفكير وكثرة أسئلته . والظاهر أن غاليليو ورث عن أبيه هذا الاستقلال فى الرأى ، إذ يروى الرواة أنهم عثروا فى كتابات أبيـه على الفقرة التالية : « إخالهم بلهاء حمقى أولئك الذين يعتمدون فى إثبات أى رأى على قول مؤلف شهير فقط دون إيراد حجة تدعم هذا الرأى وتؤيده » .

وبدأ بعد ذلك يدرس الطب ، ولكنه لم يستمر فيـه طويلا لأنه مال بفطرته إلى العلوم الرياضية والطبيعية ، وكان أبوه خبيراً بهذه العلوم حاذقاً فيهـا ، إلا أن الإيطاليين كانوا ينظرون إليها إذ ذاك نظرة غير مستطابة إذ كانوا يظنونها قليلة الخطر صغيرة الشأن . ولكن غاليليو انصرف إلى هذه العلوم وحدها رغبة فيها ، ولم تثنه عنها المحاولات الكثيرة . ويروى الرواة فى هذا الصدد قصة طريفة . يقولون إنه كان لأبى غاليليو صديق مدرس نابغ فى العلوم الرياضية اسمه رتشى Ricci ذهب غاليليو يوماً لزيارته . وما كاد يقترب من الحجرة التى ظنه فيها حتى سمعه يلقى درساً فى الرياضة على جماعة من أتباع دوق توسكانيا فوقف بباب الحجرة متوارياً عن الأنظار يصغى لما كان يلقى ، وكان جديداً بالطبع على غاليليو ، فاستساغ ما سمع وأعجب به ، ويقال إنه واظب على الذهاب كل يوم ليستمع إلى دروس رتشى ، وكانت فى علم الهندسة وهو متوار عن الأنظار . فخلبته وشغل بهـا هى وغيرها من العلوم الرياضية حتى أنه أهمل دراسة الطب . وتقـدم إلى رتشى هذا يستزيده

منها ، وقد سر رتشى من إقبال الفتى على العلوم الرياضية . غير أن إهمال غاليليو للطب لفت نظر أبيه فأسرع هذا إلى صديقه يسأله أن يقف هذه الدروس ، وفعلا أوقفها . ولـكن غاليليو كان قد عرف مباديها فتابع الدرس وحده حتى نبغ فيها نبوغاً دهش له أبوه واقتنع بأن ابنه رياضى بفطرته . وانتهى الأمر بأن أقر الوالد ابنه على ترك دراسة الطب بتاتاً .

ولما بلغ غاليليو الخامسة والعشرين من عمره أصبح نابغة زمانه فى العلوم الرياضية ، واختير أستاذاً لها فى جامعة بيزا وإنما بأجر زهيد هو ثلاثة عشر جنيهاً فقط فى السنة ! ! وسبب ذلك أن العلوم الرياضية لم يكن ينظر إليها فى إيطاليا بالعين التى ينظر بها لبقية العلوم ، ومن ثم انخفضت مرتبات أساتذة الرياضة عن مرتبات بقية الأساتذة التى كانت تبلغ مئات الجنيهات .

نقده آراء أرسطو

وبدأ وهو فى الجامعة ينقد آراء أرسطو وتعاليمه ، معلناً أنه لا يستطيع أن يقبل أي رأى علمى دون نقاش ، مصرحاً بأن التقيد بآراء الأقدمين دون نقاش مهما علا كعبهم فى العلوم مقيد للفكر عائق لتقدم هذه العلوم . وفى الواقع إن روح الاستقلال فى البحث العلمى بدأ يسود الجامعات الأوروبية كلها فى ذلك الوقت ، وساعدت التجارب والمشاهدات على نقض كثير من الآراء القديمة .

فمن آراء أرسطو الخاطئة قوله إن الزمن اللازم لسقوط جسم من ارتفاع ما يتوقف على وزن الجسم ، بمعنى أن الجسم الذى وزنه عشرة أرطال مثلا يستغرق من الوقت فى سقوطه من ارتفاع ما عشر الوقت الذى يستغرقه سقوط جسم يزن رطلا واحداً . وهنا حاول غاليليو عن طريق المنطق أن يبرهن خطأ ذلك فقال « إذا جئنا بحجرين متساويين وزناً وأسقطناهما من ارتفاع ما فانهما يسيران جنباً لجنب ويصلان إلى الأرض معاً . فهل إذا ربطناهما معاً سارا بضعف السرعة التى كانا يسيران بها وهما غير مربوطين ؟ » ولـكن من ذا الذى كان يجرؤ على تخطئة أرسطو إذ ذاك ؟ فلم يبق من سبيل بعد ذلك إلا التجربة فهى الحـكم الفصل .

ولمدينة بيزا برجها العظيم المائل . كان قد بنى على أرض رخوة فما كاد يتم بناؤه حتى مال على جانبه الذى غارت من تحته الأرض ، وظل البرج مع ميله هذا قائماً إلى يومنا . فاستخدم غاليليو هذا البرج لكى يثبت أن أرسطو وتابعيه كانوا مخطئين فى اعتقادهم أن الجسم الثقيل يسبق بكثير الجسم الخفيف فى السقوط على الأرض من عل . وهذا يصدق لو وازنا بين سقوط الريش والحجارة فى الهواء . ولكن لمقاومة الهواء الفضل الأكبر فى ذلك . أما إذا أجريت التجربة بمعزل عن الهواء فالحجر والريشة يصلان إلى الأرض معاً . ولم يكن فى وسع غاليليو أن يثبت ذلك لعجزه عن إيجاد فضاء خال من الهواء ، ولكنه كان قادراً على كل حال أن يوازن بين سرعتى حجرين أحدهما كبير والثانى صغير ، وقد قال الأرسطيون إن الحجارة الكبيرة والحجارة الصغيرة تسقط بسرعات مختلفة ، فأخذ الناس ذلك قضية مسلمة ، ولم يكلف أحد نفسه أن يعرف ما إذا كان ذلك صحيحاً أو غير صحيح .

وكان غاليليو واثقاً كل الوثوق من صحة رأيه ، فدعا زملاءه الأساتذة وطلبة الجامعة وجمهرة أصدقائه لكى يصحبوه إلى برج بيزا العظيم المائل ، ويشاهدوا بأنفسهم التجربة . والبرج مؤلف من ثمان طبقات ، فإن كان ثمت فرق بين السرعات ، فهو لابد ظاهر لطول مسافة السقوط . وصعد إلى قمة البرج آخذاً معه كرة من الحديد كقنبلة المدفع زنتها مائة رطل ، وكرة أخرى زنتها رطل واحد . ووضع الكرتين فى صندوق ، ثم أسقطهما بأن قلب الصندوق لكى يبدأ هبوطهما معاً فى لحظة واحدة . وقد وجد الذين كانوا يرقبون التجربة أسفل البرج أنهما وصلا إلى الأرض فى لحظة واحدة ، ويصعب علينا التحقق من

(شكل ٢٣) برج بيزا المائل

شعور هـذا الجمهور الحاشد إزاء الأمر الواقع الذى ثبت بالتجربة . ولـكننا نرى بعض الـكتاب يقولون : « إن الأرسطيين الذين رأوا بأعينهم أن الوزنين غـير المتساويين يصدمان الأرض معا فى لحظة واحدة نسبوا ذلك لتأثيرات مجهولة ، مفضلين بذلك رأى معلمهم أرسطو على حكم الطبيعة » .

وكانت هـذه التجربة الشهيرة بدء انقلاب جديد ، فإن سقوط هاتين الـكرتين معاً كان بدء سقوط الرأى القديم الذى عاق تقدم العلوم زمنا طويلا ، وما كان غاليليو يعارض المعلمين القدماء إلا وهو متحقق من أن التجربة تؤيده ، وكان يرى أن الطبيعة على استعداد دائما للرد على ما يوجه إليها من الأسئلة . وكل ما فى الأمر أن يوضع السؤال لها بشكل واضح لا غلط فيه . وما ترددت الطبيعة يوماً فى الإجابة وما ونت . وقد ظل طوال عمره عاكفاً على هذه الطريقة ، طريقة التجربة وتوجيه الأسئلة إلى الطبيعة ، فاستطاع أن يستكشف كثيراً من القوانين الطبيعية ، وأصبحت طريقته هذه بعد أن قبلها العلميون الوسيلة الوحيدة الصادقة التى يمكن بها توسيع معلومات بنى الإنسان عن هذا العالم وتكوينه .

سرعة الأجسام الساقطة

وأراد غاليليو تعيين سرعة الأجسام الساقطة بشكل أدق ، فغير التجربة ونوعها جملة مرات . وفى التجربة التى استعملها كثيرا جعل كرات صلبة من النحاس تجرى هابطة فى قناة مستقيمة محفورة فى لوح من الخشب ، مكسوة بالجلد الأملس لـكى تقل مقاومة حركة الـكرات بقدر الإمكان . وعين بدقة الوقت الذى بدأت فيه الـكرات تتحرك ، والوقت الذى وصلت فيه إلى أسفل القناة . وهذه الأقيسة تتم فى الوقت الحاضر عن طريق ساعات خاصة ، ولم تكن فى ذلك الزمن ساعات إلا تلك الساعات المائية التى كانت تستعمل فى بابل ثم فى العهد الإسكندرى . فقاس غاليليو الزمن بساعة من هـذه الساعات على قدر ما استطاع من الدقة . وذلك بأن وصـل صنبوراً صغيراً بأسفل أنبوبة ضيقة مائت ماء . فعند اللحظة التى بدأت الـكرات فيها تهبط وضع كأساً صغيرة أسفل الصنبور ، وعند اللحظة التى وصلت الـكرات فيها إلى أسفل القناة رفع الكأس . ثم وزن الكأس وبه الماء المتساقط

بعد أن كان وزنها وهى فارغة . وبذلك أوجد مقدار الماء الذى صب فى الكأس . وبمقارنة مقادير الماء المتحصلة فى التجارب المختلفة استطاع أن يقارن بين الأزمنة .

وكان غرضه أن يصل إلى القاعدة التى على مقتضاها تتغير سرعة الجسم الساقط بتغير مسافة السقوط أو زمنه . فظن أولا أن السرعة مناسبة المسافة المقطوعة ، ولكنه وجد أنه حينما تتضاعف المسافة لا تتضاعف السرعة عند نهاية الهبوط بل تكون أقل من الضعف ، مع ملاحظة أن غاليليو استطاع أن يوجد السرعة النهائية بجعله الكرة الهابطة تتحرك فوق سطح أفقى أملس جداً عند ما تصل إلى أسفل القناة . وبعد عدة محاولات وتجارب ، وجد أن السرعة التى يحصل عليها جسم تحركه قوة ابتداء من حالة السكون مناسبة تماما للزمن الذى فى غضونه تتسلط هذه القوة على الجسم ، فكان هذا الاستكشاف أصل علم الحركة كله . وقد سمى غاليليو السرعة التى يكتسبها جسم بهذه الطريقة فى وحدة الزمن « العجلة » .

كمية التحرك

وكان غاليليو أول من وضع فكرة ما يسمى فى علم الميكانيكا الحديث « كمية التحرك » فقد وجد أن مقدار حركة الجسم لا يقاس بسرعته فقط بل بوزنه أيضاً . وقد اتضح له أن الجسم الثقيل المتحرك بسرعة ما يعادل جملة أجسام خفيفة تتحرك بنفس السرعة على شرط أن يكون مجموع أوزان هذه الأجسام مساويا وزن الجسم الثقيل . وعلى ذلك فلكى نعين مقدار حركة الجسم المتحرك تحتم أن ندخل فى حسابنا كلا من وزن الجسم وسرعته . وقد استعمل غاليليو عبارة « كمية التحرك » للدلالة على حاصل ضرب سرعة الجسم فى كتلته . ثم بدأ بعد ذلك يبحث فى مسألة القوة المركزية الطاردة ، أو بعبارة أخرى القوة التى يشد بها جسم الخيط المربوط به إذا أدير الجسم والخيط .

وظل غاليليو خلال كشوفه هذه كلها هدفاً لدسائس معارضيه إذ خشوا أن يقضى على تعاليم أرسطو كلها ، ولذلك قر رأيهم على إيقافه وإسكاته . ففى محاضراته العامة كانوا يحدثون جلبة وضوضاء حتى لا تتم على الوجه الأكمل . وحدث أن سأل دوق توسكانيا

صاحبنا غاليليو رأيه فى اختراع ابتكره أحد أبنائه . وهذا الاختراع نموذج لآلة إيدروليكية (كراكة) ادعى الأمير مخترعها أنها تستطيع تطهير ميناء ليغورن . فلما اختبر غاليليو هذا النموذج قال بعدم صلاحيته ، وتأكد قوله فعلا عند تجربته التى أثبتت فشل النموذج فشلا تاماً . فأوغر ذلك صدر الأمير ، ومضى يدس هو أيضاً لغاليليو حتى فى الجامعة ، حتى إذا ما ضاق غاليليو ذرعا اضطر لتقديم استقالته من كرسى الأستاذية . وكان فى ذلك مثلا أعلى إذ أنه استمسك بالرأى العلمى الحق مضحياً فى ذلك رزقه الوحيد . فأين هذا ممن أصبحوا الآن يحللون الحرام ويحرمون الحلال ، ويبيعون حتى دينهم بدنياهم تقرباً وزلفى لأمير أو كبير ؟ .

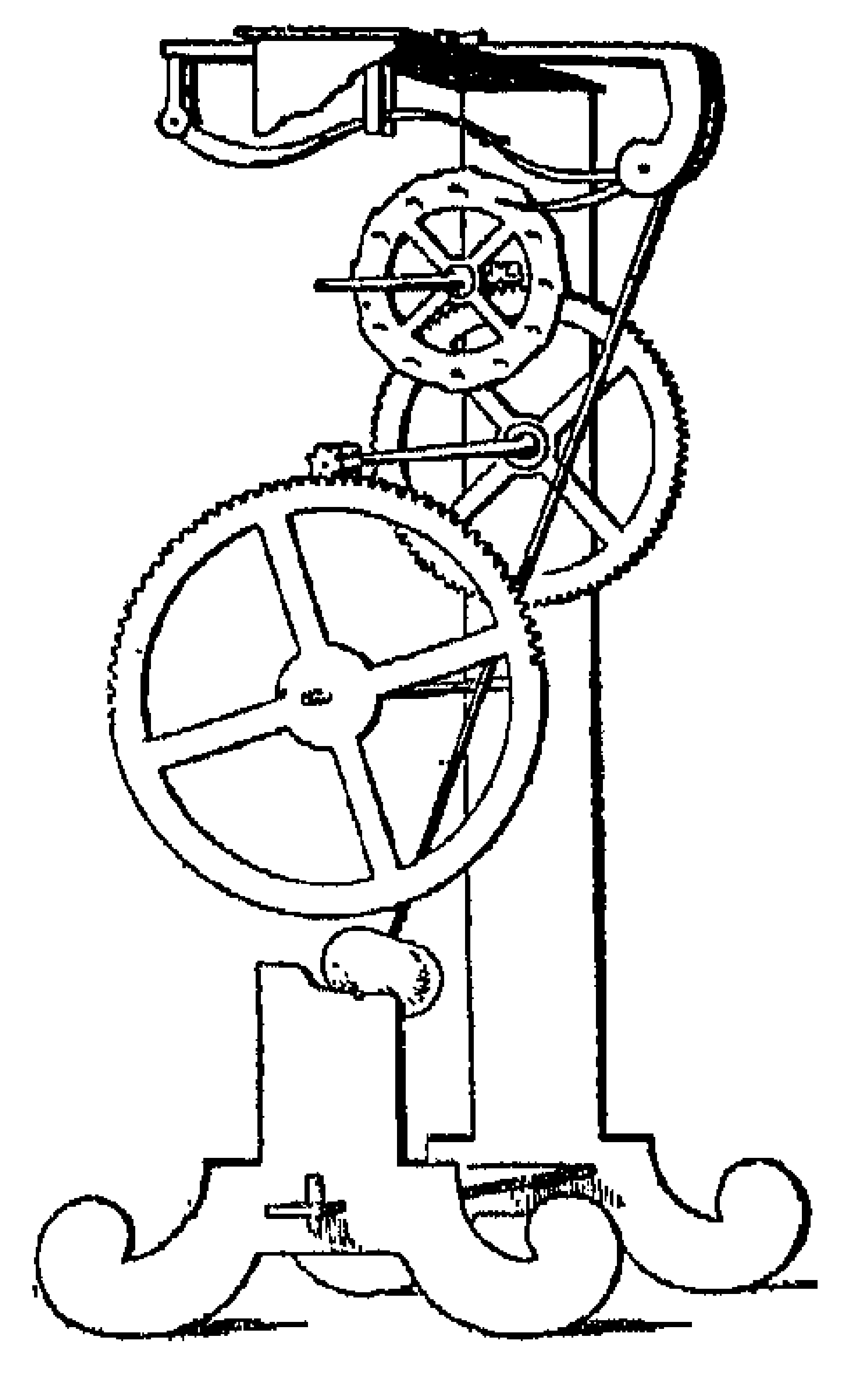
غير أن الخير لم يعدم أهله حتى فى ذلك الزمان الثائر ، فقد توسط لغاليليو بعض صحبه وعين أستاذاً للرياضة فى جامعة بادوا بمرتب سنوى قدره اثنان وثلاثون جنيهاً مصرياً أى قدر مرتبه فى جامعة بيزا مرتين ونصف مرة تقريباً .

البندول

على أن أهم ما وصل إليه غاليليو هو اختراعه البندول . فقد حدث له وهو لا يزال فى ميعة الشباب أن ذهب يوماً إلى كاتدرائية بيزا واشترك فى الصلاة وفى إجراء الطقوس الدينية . فلاحظ وهو يؤدى هذه الطقوس أن مصباحاً كبيراً معلقاً فى السقف فوق رأسه مباشرة جعل يهتز بعد إيقاده . فراقب المصباح وهو يهتز متأرجحا زمناً طويلا ، ولاحظ أن الاهتزاز جعل يتضاءل بالتدريج . ولكنه لاحظ أيضاً أن زمن الهزة الواحدة ثابت لا يتغير على الرغم من تضاؤل الاهتزاز . ولكى يختبر صحة ذلك جعل يحسب عدد المرات التى ينبضها نبضه بين كل هزة وتاليتها . ولا يخفى أنه لم تكن لديه ساعة كالساعات المعروفة الآن ، ولم يكن فى وسعه إذ ذاك أن يستعمل ساعة مائية ، وخصوصاً والمنتظر منه وهو فى داخل الكنيسة أن ينهمك فى صلاته . فلما عد نبضه وجد أن زمن الهزة الواحدة ظل ثابت المقدار حتى سكن المصباح .

وقد لا يجد أى شخص عادى فى سنه شيئاً شائقاً فى ذلك يلفت النظر ، ولكن غاليليو

وجد فيه نوعاً من الإلهام ؛ لقد تمنى فى نفسه لو استطاع أن يصنع آلة تديرها الأثقال المهتزة المتأرجحة ، فإن مثل هذه الآلة يمكن أن تسير باطراد وانتظام فتستطيع أن تقيس الزمن قياساً مضبوطاً . وكل ما اتجه إليه فكره عندئذ أن هذه الآلة تمكن الطبيب من أن يعرف نبض المريض . وعلى هذا اخترع الآلة التى سماها « قائسة النبض Pulsilogia » وهى تتألف من خيط مربوط بطرفه ثقل ، وهذا الخيط يمكن تغيير طوله بسهولة وتهيئته بحيث تكون هزات البندول الحادثة منه متفقة مع نبضات المريض ، فيظهر من ثم ما إذا كان نبض المريض سريعاً أم بطيئاً ، بل إن الطبيب يمكنه بهذه الآلة أن يدرك أى اضطراب فى النبض . وقد فرح أطباء ذلك الزمان بهذه الآلة أيما فرح ، وشاع استعمالها فى جميع الجهات .



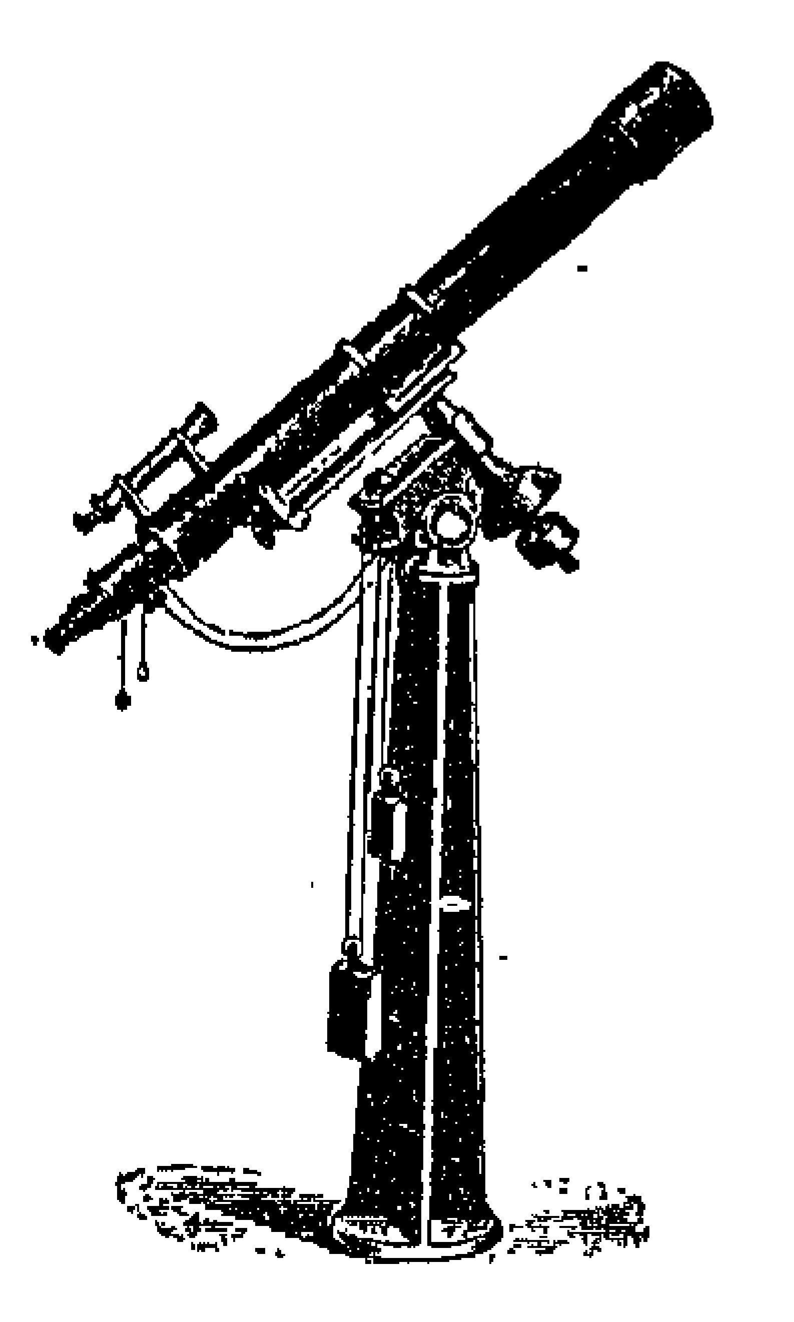
(شكل ٢٤) بندل الساعة لغاليليو

ولكن غاليليو لم يشأ أن يقف بندوله عند هذا الحد ، بل اتجهت نيته إلى ابتكار بندول لا يعد بنفسه عدد مرات هزاته فقط ، كما هو الحال فى قائسة النبض ، بل إنه أراد أن يصنع جهازاً يمضى فى المسير زمنا طويلا . وانتهى به تفكيره إلى وضع تصميم آلة هى الساعة الحديثة ، يمكن أن « تملأ » فتسير بوساطة ثقل . ولم يظهر هذا الاختراع إلا بعد أن تقدم غاليليو فى السن وفقد بصره . وما كان منه إلا أن أملى على ولده شرحا مستفيضاً للساعة التى هداه إليها عقله الكبير الوضاء . ولم ينجح ولده فى صنعها إلا بعد وفاة غاليليو بعشر سنوات . غير أن غاليليو على الرغم من هذا اعتبر أنه مخترع بندول الساعة .

المنظار

وفى سنة ١٦٠٩ وصل إلى سمع غاليليو نبأ جديد كان له أثر فى توجيه غاليليو وجهة

جديدة فى الكشف العلمى . لقد بلغه أن صانع «نظارات» هولندى يدعى هانس ابرشاى قد أهدى أميراً ألمانيا آلة ترى بها الأشياء البعيدة ، وكأنها على قيد أنملة من الرائى ، ولكنها تكون مقلوبة . ثم وصله خطاب من باريس أكد له خبر هذه الآلة دون أن يذكر له شيئاً البتة عن تركيبها . وقضى غاليليو ليلة وصول هذا الخطاب وهو يكد قريحته للوصول إلى سر تركيب هذه الآلة الجديدة . وما وافى الصبح حتى كان قد وقف على سر تركيبها دون أن يراها . فأخذ عدستين أحداهما محدبة والثانية مقعرة . وجاء بأنبوبة من الرصاص ، وثبت العدسة الأولى فى أحد طرفيها والثانية فى الطرف الآخر ، ووجه الطرف الأول إلى الجسم البعيد الذى أراد رؤيته ، وقرب الطرف الثانى من عينه . فلم ير شيئاً فى مبدأ الأمر ، ولكنه لما جعل يحرك العدسة المحدبة جيئة وذهابا على طول الأنبوبة عثر على موضع لها تظهر فيه الأجسام البعيدة معتدلة مقربة مكبرة إلى ثلاثة أمثال جرمها العادى ، ثم شرع فى تحسين هذا الجهاز ، وما هو إلا زمن قصير حتى نجح فى إنشاء منظار (تلسكوب) يقرب الأجسام البعيدة ثلاثين مرة ، ويكبر سطحها ألف مرة تقريبا . وأسرع غاليليو باختراعه إلى البندقية ، وقدمه إلى كبار الحكام فيها ، وصحبهم إلى أعلى برج فى أعلى كنيسة فى المدينة ، وأعد منظاره وصوبه إلى البحر ليرى السفن القادمة .


(شكل ٢٥) منظار حديث

وقال فى مذكراته : « إن كثيرين من الأشراف والشيوخ على الرغم من تقدمهم فى السن صعدوا معى إلى أعلى أبراج الكنائس فى البندقية لكى يرقبوا السفن التى كان يراها منظارى وهى على مسيرة ساعتين من الميناء » .

وأهدى غاليليو منظاره لجامعة بادوا التى يشغل فيها كرسى أستاذ الرياضة ، وقد أعجب به أعضاء مجلس الجامعة ، وقدروا هديته من الوجهة العلمية ، ورأوا أن يكافئوه على اختراعه هذا ، فرفعوا مرتبه من اثنين وثلاثين جنيها فى السنة إلى عشرين ومائتين من الجنيهات ، ولم يكتفوا بذلك بل عينوه أستاذاً فى الجامعة مدى الحياة .

وباختراع المنظار طارت لغاليليو شهرة فى جميع أنحاء العالم ، ورغب الملوك والأمراء والعلماء من جميع البلدان فى اقتناء مناظيره ، وأرسلوا لغاليليو يسألونه صنعها لهم . ومن الغريب أنه جاءت له طلبات حتى من هولندا التى كانت أول قطر استكشف فيه أساس المنظار .

الكشوف الفلكية

واستعمل الأوروبيون منظار غاليليو فى ظروف كثيرة فى السلم وفى الحرب ، وتوجه به غاليليو إلى غرض علمى جديد أهم وأعظم . خطر بباله أن يوجه منظاره إلى السموات ليفحص ما فيها من أجرام ، فحصل بذلك على كشوف مدهشة أحدثت رجة عظيمة فى علم الفلك ، وكانت بداية فتح جديد فيه . لقد وجهه أولا إلى القمر ، فرأى على الفور أن ما يبدو على سطحه من علامات ليس فى الواقع إلا جبالا وسهولا واسعة . وأمكنه أن يرقب ظلال الجبال تمو وتتضاءل بتغير اتجاه أشعة الشمس ، فاستطاع أن يثبت أن بعض هذه الجبال أعلى من البعض الآخر . ثم وجه منظاره بعدئذ إلى المشترى ، فلاحظ لدهشته أن له توابع أربعة تدور حوله فى بضعة أيام . والواقع أن للمشترى أقمارا أربعة فى حين أن للأرض قمراً واحداً . وكان هذا الكشف الجديد مخالفاً للرأى القديم المعمول به فى تلك الأيام القائل بوجود سبع سيارات أو نجوم متحركة وهى الشمس والقمر وعطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل .

واهتم دوق توسكانيا بأمر هذه الأقمار اهتماماً شديداً أصر غاليليو إزاءه على تسميتها باسم أسرة الدوق ، أسرة مدتشى Medici ، وسميت فعلا منذ ذلك الوقت بالنجوم المدتشية . ودعى غاليليو بعد ذلك بقليل لكى يشغل فى بلاط دوقية توسكانيا بفلورنسا وظيفة الرياضى والفيلسوف ، وهى وظيفة طالما تطلع إليها غاليليو لأنها تمكنه من مواصلة البحث ومتابعة الدرس .

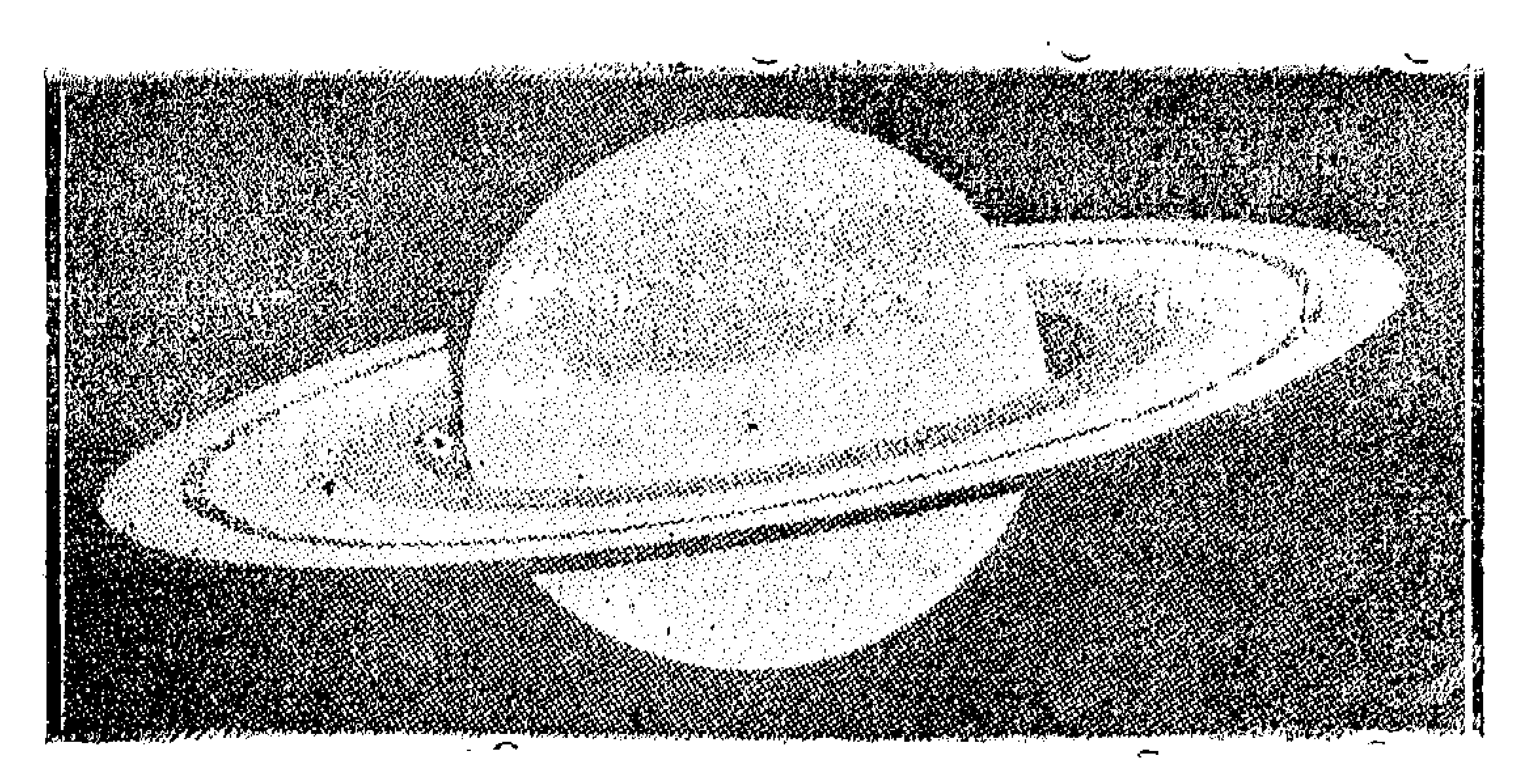
ولم يكن الاهتمام بأقمار غاليليو الجديدة وقفاً على إيطاليا بل إن البلاط الفرنسى إذ ذاك اهتم بالأمر غاية الاهتمام . وكانت ملكة فرنسا إذ ذاك من أسرة مدتشى ، تزوجت هنرى

الرابع ملك فرنسا فى ذلك الوقت . ويقول الرواة إنه لما وصل منظار غاليليو إلى القصر الملكى تاقت الملكة إلى رؤية القمر به على الفور ، دون أن تنتظر إعداده فى المكان المناسب ، بل «جثت على ركبتيها أمام النافذة ، الأمر الذى أدهش الإيطالى الذى حمل إليها المنظار» .

وبعد ذلك تسلم غاليليو خطاباً من البلاط الفرنسى جاء فيه «أما الطلب الثانى الذى ألح عليك فيه فهو أن تسمى النجم الجديد الجميل الذى تستكشفه باسم نجم فرنسا الأكبر ، بل أسطع نجوم الأرض قاطبة ، وأقصد به هنرى ، وهنرى فقط لا هنرى دى بوربون . فإن أنت فعلت ذلك فإنك تكون قد أديت الحق والواجب وأصبت السداد ، وهذا عدا ما تحرز من شهرة وما تكسب لنفسك وذويك من مال وفير . وأؤكد لك بشرفى أنك ستصيب مالا وفيرا . وعلى ذلك فرجائى أن تستكشف بأسرع ما يمكن جرماً سماوياً لكى تطلق عليه إسم صاحب الجلالة الملك» . وكتم غاليليو أمر هذا الخطاب ، ولم يظهره إلا بعد أن مات هنرى الرابع مقتولا ، وكان يريد أن يقتبس منه ما ظنه شرفاً له ولاستكشافه العظيم .

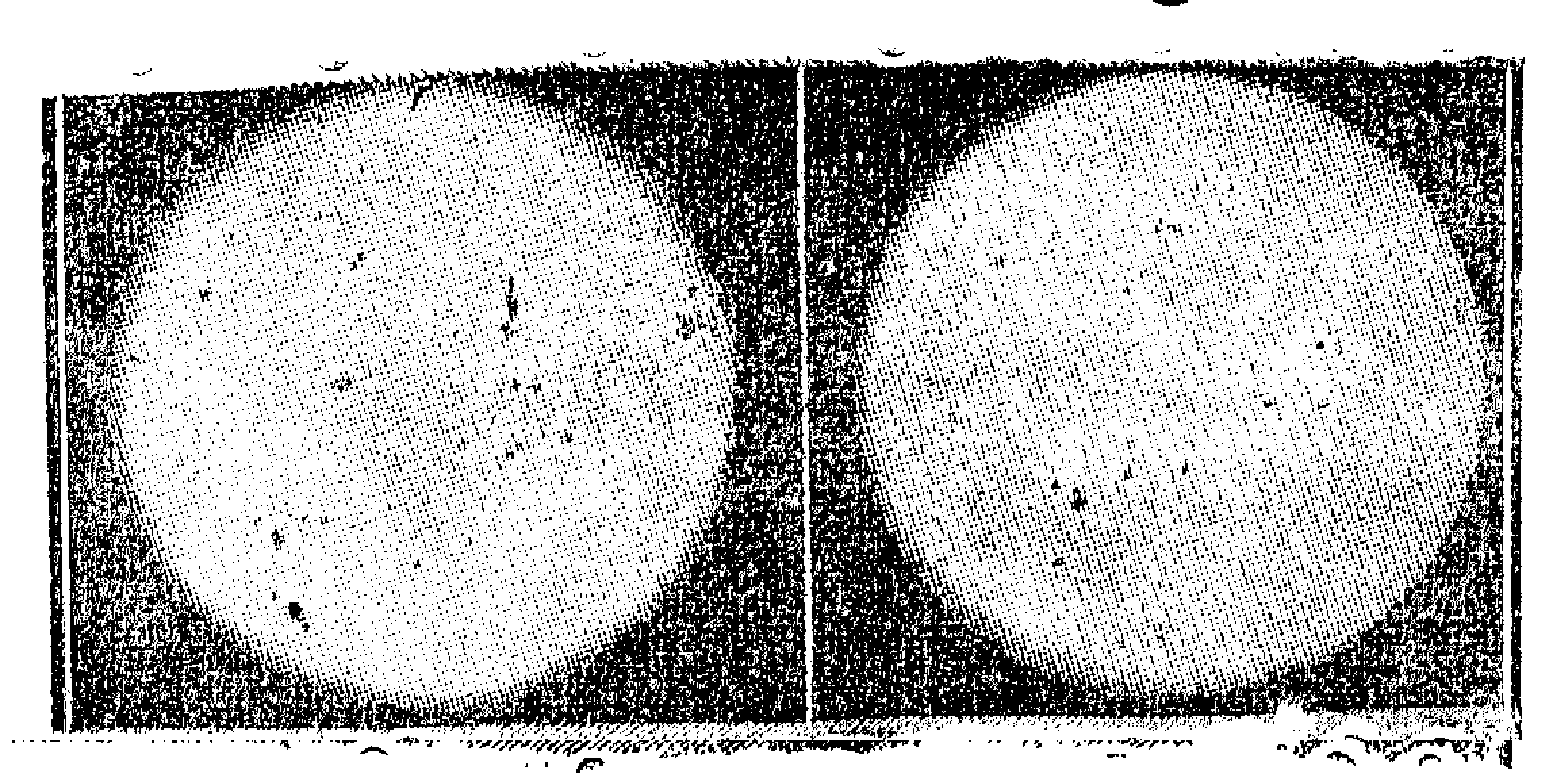
ولكن ما الذى قاله بهذا الصدد طلبة المدرسة القديمة الأرسطية وأساتذتهم ؟ لقد حاولوا أن يبرهنوا بطرائقهم الملتوية أن هذه السيارات الجديدة لا وجود لها . وإليك حجة كبير الفلكيين بينهم . فلكى يثبت أن السيارات سبع فقط نراه يقول إن برأس الإنسان سبع فتحات — عينين وأذنين ومنخرين وفماً واحداً ، وتوجد سبع فلزات وسبعة أيام فى الأسبوع ، وعلى ذلك فلا توجد إلا سبعة كواكب سيارة . ومن حججه أيضاً أن الكواكب السيارة المزعومة لا تراها العين العارية فلا تأثير لها إذن فى الأرض ، ومادام لا يرجى منها نفع فهى إذن غير موجودة .

وقال غير هذا العالم الفذ إن هذه الكواكب السيارة الجديدة ، ليس لها وجود لأن أرسطو لم يذكرها . ولم يرض هؤلاء الأساتذة أن يقتنعوا بوجودها رافضين أن يروها خلال المنظار . ولما بلغ غاليليو أن أحد هؤلاء الأساتذة المنيدين قد وافاه أجله قال : « إنه لم يشأ أن يرى وهو على هذه الأرض تلك الأجرام السماوية الضئيلة ، فلعله يراها الآن وقد صعد إلى السماء ! »



(شكل ٢٦) الكوكب السيار زحل وحلقاته

ومضى غاليليو يغزو السموات بمنظاره فوجهه إلى الكوكب الكبير زحل ، وإذا به يرى عجيبة جديدة من عجائب السموات . ذلك أن الكوكب بدا له وكأنه أبريق أحاط به مقبضان . ولم يكن هذا معروفاً بالطبع حتى لغاليليو نفسه ، غير أنه كان بلا نزاع أول من رأى زحل بمظهره البديع الضارب فى الشذوذ .



(شكل ٢٧) صورتان للشمس فى يومين متتاليين تظهر فيهما البقع الشمسية وتثبتان دوران الشمس حول محورها

ثم وجه غاليليو منظاره إلى الشمس وهى قريبة جداً إلى الأفق وضوؤها محتمل لا يبهر البصر ، فلاحظ أن سطحها لا يضىء كله بدرجة واحدة ، بل ترى فيه بقع سوداء قد تكون قريبة من حافة القرص ، فتتحرك إلى أن تختفى عند الحافة الثانية ، وتظل مختفية أسبوعين ، ثم تظهر وهكذا . فأدى ذلك بغاليليو إلى القول بدوران الشمس حول محورها .

و بعد ذلك وجه غاليليو منظاره إلى الزهرة ، فوجدها على نقيض كل ما أثير حولها من الآراء . وجدها تبدى أوجهاً كأوجه القمر ، وأنها فى بعض الأحيان تظهر فى السماء على شكل هلال . ولم يبد المشترى ولا زحل رغم تغير مظهريهما على شكل هلال أبداً ، ففسر غاليليو ذلك بأن هذه الكواكب تدور كلها حول الشمس ، وأن الزهرة تدور على بعد أصغر من بعد الأرض ، وأن الكواكب الأخرى تدور على بعد أكبر من بعد الأرض .

اصطدامه مع الكنيسة

وكان الرأى السائد فى زمن غاليليو هو رأى بطليموس القائل بأن الأرض ساكنة وأن الشمس والكواكب السيارة كلها تدور حول الأرض . وقد رأى فلاسفة ذلك الزمان أن يبرروا هذا الرأى بمقتبسات من الكتاب المقدس فهموها على غير حقيقتها ، مشيرين مثلاً إلى ما جاء فيها بخصوص يوشع من أنه أمر الشمس أن تستقر !!

ولقد رد غاليليو على ذلك بأن الكتاب المقدس لم يقصد منه أن يعلم الناس كيف تسير السموات ، بل كيف يسيرون هم إلى السماء . وأنه إنما أنزل لإرشاد الناس لأمور دينهم ودنياهم ، ولم يقصد منه أن يكون كتاباً علميا ، وأن الطريقة الوحيدة التى تصل بنا إلى الحقيقة العلمية الخالصة تنحصر فى مشاهدة الظواهر والبحث عن أرجح التفسيرات لها . ولكنه مع كل ذلك لاقى معارضة شديدة ، وأبى بعض معارضيه أن يصدقوا أنظارهم كما مر بنا قائلين إن المنظار إنما يقتصر نفعه على رؤية الأجسام التى توجد فى البر أو فى البحر ، أما إذا وجه إلى النجوم فإنه يضل الرائى . وأبى بعضهم كل الإباء أن ينظر فيه ! !

وكتب غاليليو لصديقه كبلر بخصوص أحد معارضيه . قال : « كم كنت أود ياعزيزى كبلر أن تشاركنى الضحك الشديد . فهنا فى بادوا أستاذ الفلسفة الكبير . طلبت إليه وألحفت فى الطلب أن ينظر إلى القمر والكواكب خلال منظارى ، ولكنه رفض طلبى بشدة . فياليتك كنت معى هنا ، إذ لو كنت معى لما وسعك إلا أن تضحك ثم تضحك

لهذا الجنون العجيب . وعدا هذا كنت تسمع معى أستاذ الفلسفة هذا وهو يجهد نفسه فى الإدلاء بحججه المنطقية ، كأنما يريد بتعاويذه أن يسحر هذه الكواكب الجديدة فيخرجها من السماء » .

وراح غاليليو يلقى محاضرات فى رأى كوبرنيق القائل بدوران الأرض والكواكب السيارة حول الشمس . فاستدعته محكمة التفتيش فى روما وأمرته بالكف عن نشر هذه الآراء ، وأصدرت أمراً بتحريم القول بتحرك الأرض حول الشمس . ولكنه لما نشر سنة ١٦٣٢ كتابه فى رأى كوبرنيق « استدعى مرة أخرة إلى روما وسجن وأهين ، وخير بين التوبة أو العذاب . فاختار أهون الشرين ، وارتدى ثياب التوبة ، وركع فى رهط من الكرادلة ويده على الكتاب المقدس ، وتاب وأناب ، وتعهد بأن يؤدى كل ما يفرض عليه من الكفارة لينال الغفران . فتليت توبته فى الجامعات ، وسجن مدة فى سجن محكمة

(شكل ٢٨) منزل غاليليو

التفتيش ، ثم أطلق سراحه على شرط أن يلازم منزله ولا يقابل أحداً . وعلى الرغم من كل ذلك ، وما لاقاه من متاعب أخرى ، فإنه لبث يفكر ويبحث حتى ألف رسائله فى علم الحركة ، وهى التى تعد الآن أثمن ما خلفه من الأعمال إذ سبق فيها نيوتن إلى كثير مما ينسب إليه عادة » . وكان قد بلغ السبعين إذ ذاك . وقضى بقية أيامه يبحث فى الرياضيات وفى اختراع بندول الساعة كما مر بنا . وذهبت قصة غاليليو مثلا أعلى للعالم العبقرى الصادق من جهة ، ولسوء تطبيق العلم على الدين أو الدين على العلم تطبيقاً أعمى من جهة أخرى .

على أن الأجيال التى تلت غاليليو قدرت الرجل حق قدره ، و بررت تعاليمه ، وساد الرأى القائل بدوران الأرض والكواكب حول الشمس ، وقبله العلماء فى جميع أنحاء الأرض . ولم يقف الأمر عند ذلك بل تعبد الطريق أمام العلم والعلماء ، وصار البحث العلمى حراً لا يتقيد بآراء المدرسة القديمة وأغلاطها ، وتبين الناس أنه لا يمكن أن يحال بين العقل والعلم بمثل هذه العراقيل والعقبات .

وفاته

وقضى غاليليو نحبه سنة ١٦٤٢ ، وهى السنة التى ولد فيها العالم الانجليزى الشهير سير اسحق نيوتن ، وكأنما أرادت الأقدار ألا تحرم دنيانا من رسول علمى جديد يحمل رسالة العلم رافعا علمها الخفاق ، فيغزو أصقاعا علمية جديدة ، و يقرب الأفهام خطوة أخرى صوب الحقيقة القصوى ، فتمضى فى كشف أسرار الطبيعة وخفاياها .

ولما مات غاليليو أبى أعداؤه على صحبه أن يدفنوه فى مقبرة خاصة ، ولم يسمح لهم فعلا بذلك لكى يمنعوا حتى الاحتفال بجنازته احتفالا شعبياً عاماً . وعدا هذا فقد أمر البابا ألا يقام له أثر يشيد بذكره . ولكن إيطاليا الحديثة أعادت الأمور إلى نصابها ، إذ رأت أن تكرم الرجل وهو فى مثواه . ففى سنة ١٨٤١ — أى بعد وفاته بقرنين تقريباً — ابتنت كنيسة تخليداً لذكراه ، ويقال إنها تكلفت أربعين ألفا من الجنيهات ، وأقام له العلماء منذ ذلك الوقت ثلاث حفلات تكريمية لإحياء ذكراه : أولاها للاحتفال بمضى ثلثمائة سنة على ميلاده ، وثانيتها للاحتفال بمضى ثلثمائة سنة على أولى محاضراته العلمية فى جامعة بادوا ، والأخيرة للاحتفال بمضى ثلاثة قرون على اختراع منظاره الفلكى . وتدل هذه الاحتفالات التذكارية الدولية على ما يدين به العالم الحديث لهذا العبقرى العظيم الذى أدى رسالته العلمية خير أداء .

وهكذا فليكن العلم وليكن العلماء ، و إلا فعلى العلم والعلماء العفاء .

الفصل السابع

البارومتر

قسم الفلاسفة الأقدمون الأشياء جميعها إلى عناصر أربعة ، التراب والماء والهواء والنار ، وكانوا يعتقدون أن كل ماتراه حولنا من المواد المنظورة يتألف منها مخلوطة بنسب متفاوته . أما اليوم فقد وصل العلم إلى معرفة اثنتين وتسعين مادة مختلفة سميناها عناصر ، ونعلم الآن أن ما كان القدماء يسمونه ترابا ليس إلا خليطا من نحو اثنى عشر عنصراً من تلك العناصر . ونحن حين نقول «عنصراً» فإنما نعنى مادة لا يمكن الحصول عليها بخلط مواد أخرى ، ولا يمكن أن نشقها إلى مادتين أو أكثر تختلف فى الخواص . ومعلوم أن الماء يمكن أن ينحل إلى مادتين ، وأن الهواء خليط من مادتين على الأقل . وأما النار فالمعروف الآن أنها تتألف من أجسام ساخنة لها قوام الهواء . وتسمى أمثال هذه الأجسام غازات . ومن الغازات غاز الاستصباح الذى تضاء به الشوارع ، وغاز الاكسيجين ، وغاز الكربونيك وما أكثر ما استكشف اليوم من غازات .

وانتهى حديث العناصر الأربعة ، وصرنا اليوم نقول بحالات المادة الثلاث ، وهى الصلابة والسيولة والغازية . فإذا كانت المادة جامدة بعض الشىء ، لا تنسكب ولا يكون لها منسوب مستوٍ خاص إذا تركت لنفسها ، فإننا نسميها صلبة . أما إذا سالت وملأت الإناء الذى تنسكب فيه وتشكلت بشكله ، وظلت مع ذلك مرئية ملموسة فإننا نسميها سائلا . وأخيراً إذا كانت المادة تملأ أى حيز تحل فيه ، وتمدد من جميع جهاتها إلى حيث شاءت ، ما دامت ظروفها مؤاتية ، فإننا نسميها غازاً . وتتحول بالحرارة على وجه التقريب كل السوائل ومعظم المواد الصلبة إلى غازات ، ومن ثم كانت الحرارة سبباً فى تعدد أصناف الغازات المعروفة فى أيامنا الحاضرة .

ضغط الصلب وضغط السائل

ومن الفروق العظيمة بين الصلب والسائل أن الصلب إذا ترك لنفسه فإنه يضغط على ما يكون تحته من الأشياء ، فى حين أن السائل عدا ذلك يضغط جانبياً وإلى أعلى ، أى أنه يضغط فى جميع الجهات . وفى هـذا الصدد يشترك الرمل الرفيع فى خواص كل من الصلب والسائل . فإنك إذا أخذت عوداً من الغاب أو أى عود آخر أجوف مماثل ، ثم وضعته فى صندوق من الرمل وضعاً رأسياً ، وملأت تجويفه رملا حتى غص به ، فإنه يتحطم . وهذا يدل على أن الرمل يستطيع أن يضغط جانبياً . ولـكن كلما خشنت حبات الرمل وكبر جرمها قلّ ضغطها الجانبى . أما إذا كان الرمل ناعماً جداً متناهياً فى النعومة ، فإنه يضغط فى جميع الجهـات . ولو أنك حصلت على رمل أنعم ألف مرة من أنعم رمل معروف لحصلت على مادة إذا ضغطت على سطحها أقل ضغط انتقل إلى جميع أجزائها . أى أنك فى الحقيقة تكون قد حصلت على سائل ، أو شىء قريب جداً من السائل .

ويمكنك أن تثبت أن للماء ضغطاً فى جميع الجهات بأن تجىء بمثانة صغيرة منفوخة ، وتربطها فى عصا طويلة ، ثم تدفع بالعصا بالتدريج فى وعاء به ماء ، فتلاحظ أن المثانة تصغر كلما زاد عمقها فى المـاء . ثم هى فى نفس الوقت تظل كرة تامة الاستدارة كالأصل ، وهذا يدلك على أن المـاء يضغطها من جميع الجهات لا من أعلى فقط ، ولا من أسفل فقط ، ولا من الجوانب فقط .

ويمكنك بطريقة أخرى أن تثبت أن للمـاء ضغطا ، وذلك بأن تغطى بقطعة من اللستك الرفيع المنبسط فوهة أنبوبة طويلة واسعة ، ثم تربطها وهى كذلك وتغمرها فى المـاء ، فترى اللستك وقد تقوّس إلى داخل الأنبوبة وزاد تقوّسه وتجوّنه كلـا غمرت الأنبوبة فى المـاء . وهذا يدلك على أن الضغط يزيد بزيادة العمق . وهذا الضغط يظل كما هو لو أنك وضعت فى المـاء جسما صلباً ما دمت تحتفظ بمنسوب المـاء عينه . فالضغط الواقع على قعر إناء يبقى ثابت المقدار ما دام سطح المـاء يظل فى مكانه لا يعلو ولا يهبط . وإذا كان قعر الإناء ضعيفاً فى جزء منه ، فإنك تستطيع حماية هذا الجزء بأن تضع فوقه

لوحاً رقيقاً من حديد مثلا ، على شرط ألا يكون ثمت ماء بين هذا الجزء الضعيف ولوح الحديد ، إذ لو وجد أى قدر من الماء بين قعر الوعاء ولوح الحديد فإن هذا الماء يساعد على توصيل الضغط ، وكأن لوح الحديد غير موجود بتاتاً .

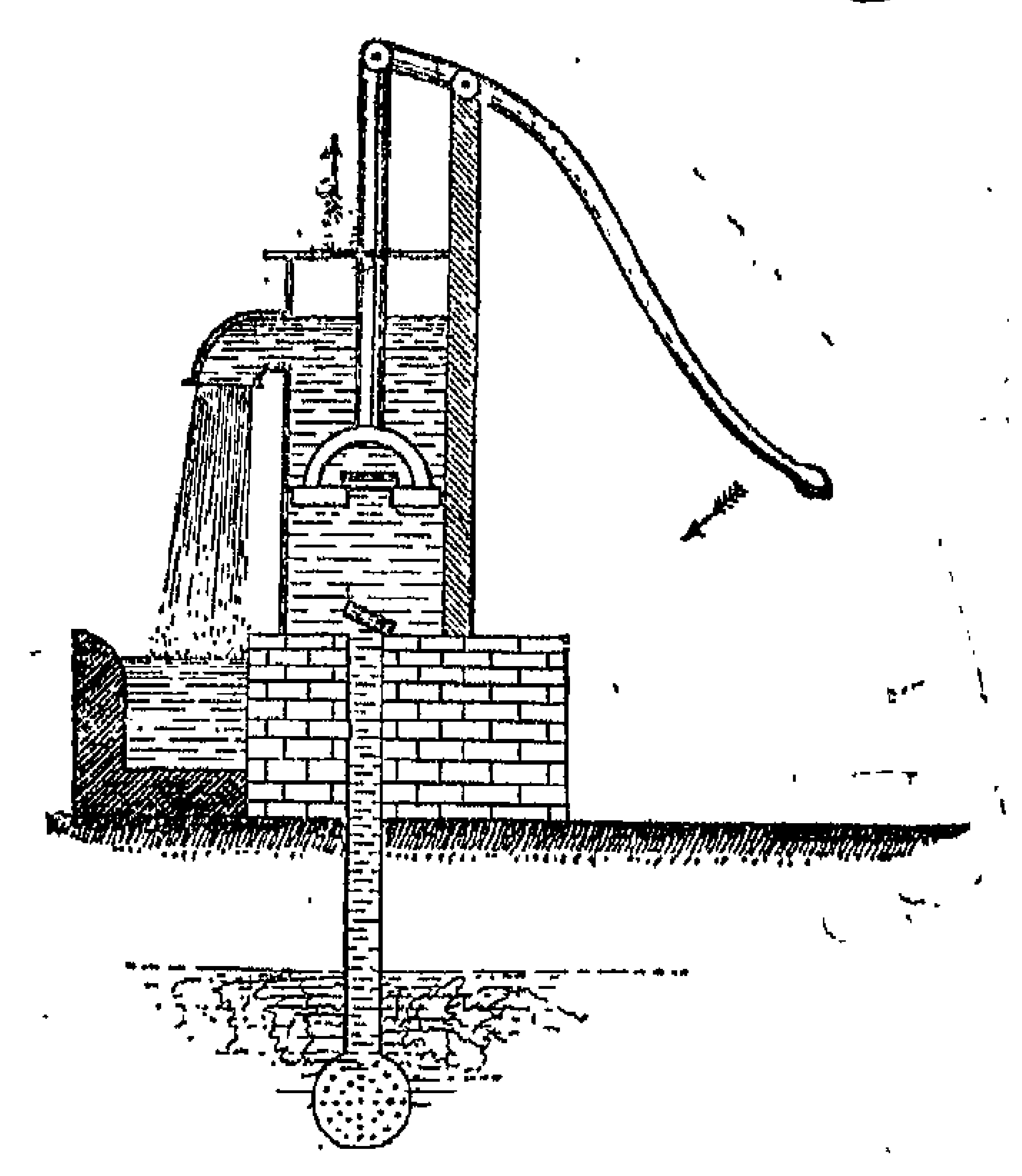
ولو أنك وضعت بدل لوح الحديد هذا كتلة من الحديد معلقة من أعلى ، واحتفظت بمنسوب الماء فإن الضغط على قعر الإناء يظل كما هو دون تغيير . إذ الواقع أن ضغط الماء يتوقف على علو سطحه أى على عمقه ، سواء فى ذلك اتسع سطح الماء أو ضاق . وقد كان إستيفن Stevin أول من استكشف ذلك . فقد كان مفتشاً على الأحواض والجسور والسدود فى هولندا ، وكانت طبيعة عمله تستلزم أن يلاحظ مقدار ضغط ماء البحر على السدود حتى لا يطغى عليها فيغرق السهول المنخفضة . فكان من عمله إذن أن يتأكد أن ضغط الماء لا يقوى على شق السدود ثم التدفق منها .

ضغط الهواء

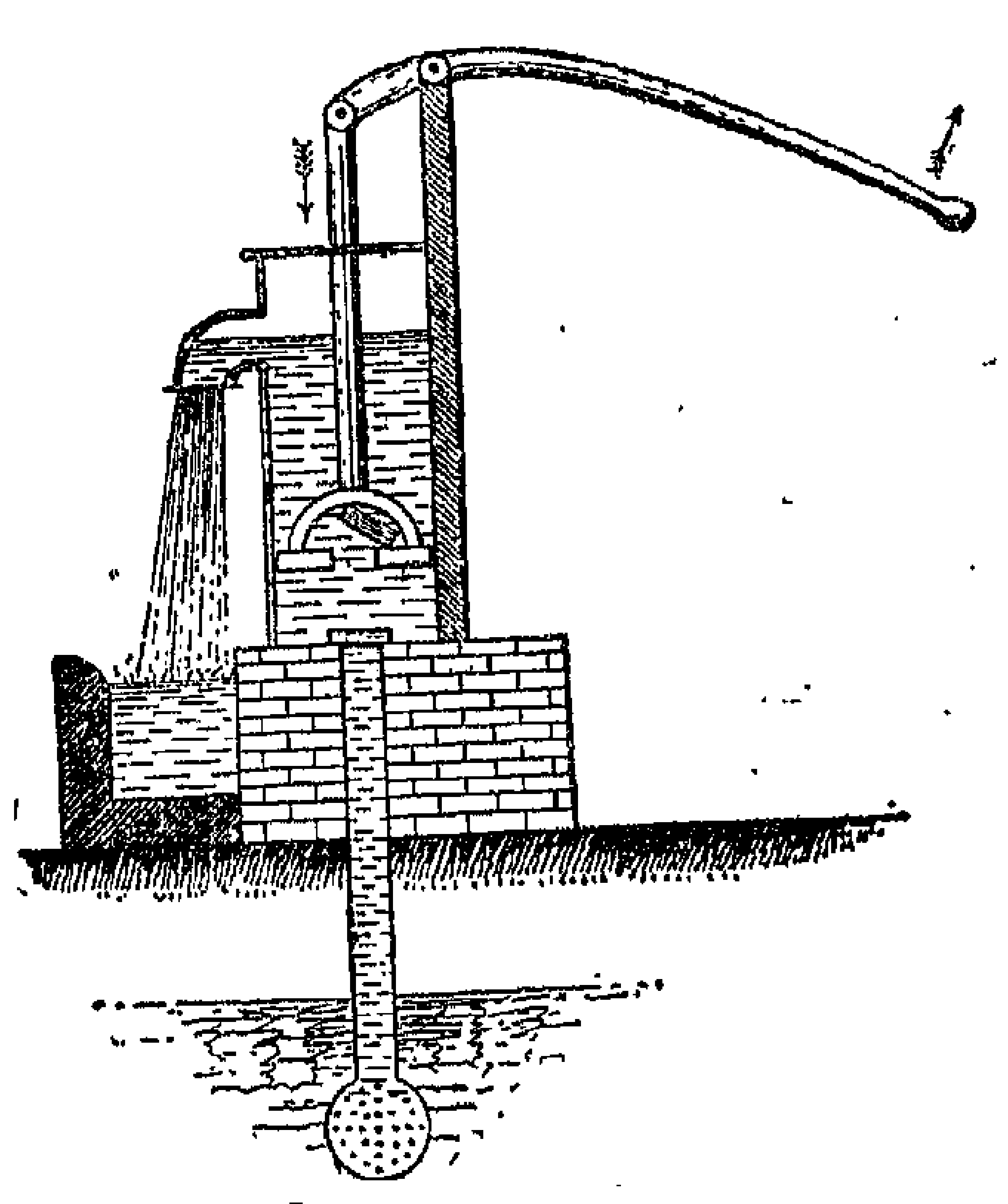
أما عن الهواء فقد أدرك قدماء الإغريق فعلا أن له وزناً ما ، ولكن ما كان يخطر ببالهم أن الهواء الذى يملأ حجرة يضغط على أرضها وعلى جدرانها وسقفها ضغوطاً قد تبلغ أطناناً . وما دامت السوائل تضغط فى جميع الجهات كما مر بنا فلم لا يكون للغازات ضغط مثلها وهى متنافرة الأجزاء بطبيعتها ؟ ولكن ذلك ظل خافياً على الناس سنين وأجيالا . وكان الإغريق يظنون أن الفضاء الخلاء ، وهو ما يعبر عنه اليوم بالفراغ ، غير موجود فى دنيانا هذه ، لأنها تفزع بطبيعتها منه وتسرع إلى ملء كل فضاء خلاء يحدث بأية مادة تكون قريبة منه . فمثلا إذا سددت أنبوبة مفتوحة الطرفين بسداد محكم أو مكبس ، ثم سحبت هذا السداد أو المكبس فى اتجاه واحد داخل الأنبوبة اندفع الهواء متتبعا هذا السداد أو المكبس . أما إذا سددت طرف الأنبوبة بسداد آخر ، ثم سحبت السداد الأول ناحية الطرف المفتوح ما استطعت سحبه إلا بصعوبة . وإذا تركته ارتد إلى حيث كان .

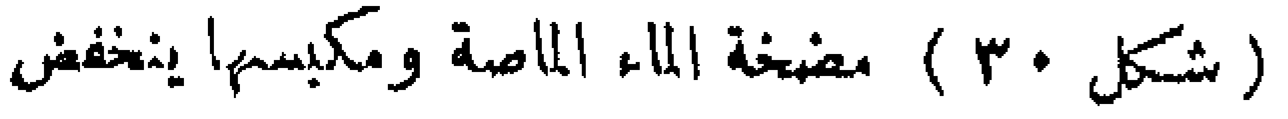
فكان الإغريق يظنون أن هذه الصعوبة سببها كره الطبيعة للفضاء الخلاء وفزعها منه ، ووجدوا أنهم إذا غطوا الأنبوبة بالإصبع ثم حركوا المكبس انضغط الإصبع فى

الأنبوبة ، وإذن فطبيعة دنيانا هذه تأبى الفراغ ، وهى شديدة الرغبة فى ملء كل فراغ . وإذن فلتستخدم هذه الرغبة أو هذا الفزع فى رفع الماء عن طريق إنشاء مضخات كتلك التى لا تزال تستعمل فى أيامنا الحاضرة . فأنبوبة المص فى المضخة تغمر فى الماء ، ثم يرفع المكبس فيرتفع الماء فى الأنبوبة . ونجح الناس فى رفع الماء بهذه الطريقة من عمق قدره ثلاثون قدماً ، أو إلى ارتفاع قدره ثلاثون قدماً أى تسعة أمتار تقريبا . وظل الحال كذلك عدة قرون دون أن يزيد هذا القدر ، ولعل سبب ذلك يرجع إلى أنهم لم يكونوا قادرين على إطالة الأنابيب أكثر من ثلاثين قدماً . فلم يتحدد بالضبط الارتفاع الذى يرفع إليه الماء بمثل هذه المضخات .



(شكل ٢٩) مضخة الماء الماصة ومكبسها يرتفع





(شكل ٣٠) مضخة الماء الماصة ومكبسها ينخفض

فلما استطاع البعض فى زمن غاليليو أن يصنعوا أنبوبة طولها أربعون قدماً ظنوا أنهم قادرون على رفع الماء إلى قمتها ولكنهم وجدوا لدهشتهم أنهم مهما شغلوا المضخة فإن الماء لا يمكن أن يرتفع إلى أكثر من ثلاثة وثلاثين قدما ، أى إلى ما يزيد قليلا عن عشرة أمتار ، وبدا لهم أنه عند هـذا الارتفاع لا تفزع الطبيعة من الفضاء الخلاء ، ولا من الفراغ أيا كان . فدلت هذه المشاهدة على أن هناك شيئاً غير صحيح بخصوص هذا الفزع الموهوم ، وبدأ الناس يشكون فى وجود شىء كهذا . ولقد استشير غاليليو نفسه فى

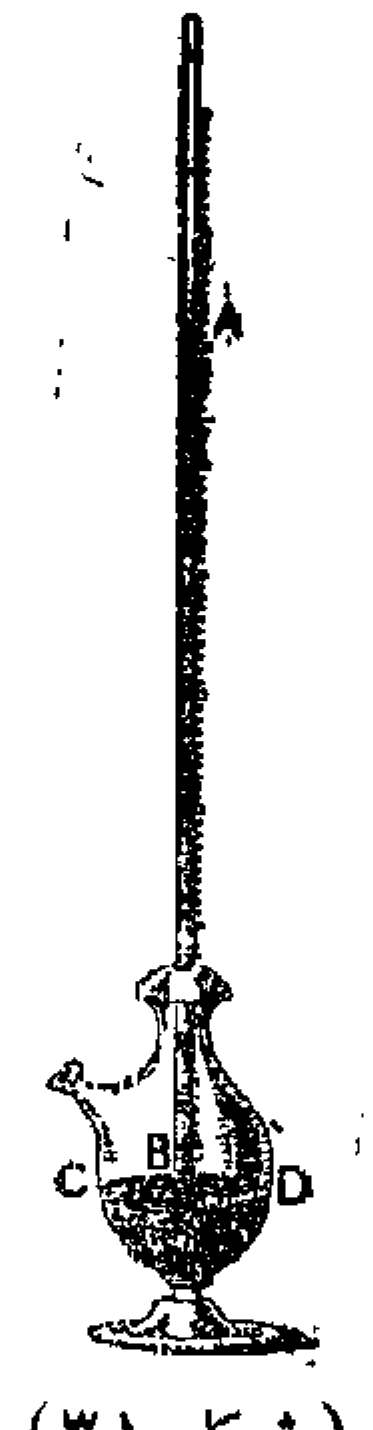
الموضوع ، فقال بصعوبة إحداث الفضاء الخلاء أو الفراغ ، وبأن لمشكلة « مقاومة الفراغ » حدوداً . ومات غاليليو قبل أن يصل إلى حل هذا المشكل ، ولكن صحبه ومريديه من أتباعه وتلاميذه توفروا على حل هذه المسألة حتى وصلوا فى النهاية إلى تفسيرها تفسيراً كاملا شاملا .

تجربة تورشيلى

وكان العالم تور شيلى أشهر من خلف غاليليو من العلماء ، وكان يقيم فى روما . قرأ تصانيف غاليليو وهو فى السادسة عشرة من عمره ، وألف هو نفسه كتابا فى الميكانيكا ، واطلع غاليليو على هذا الكتاب فاستدعى مؤلفه الفتى إليه ، وسأله أن يقيم معه فى فلورنسا ، ويقال إن عرى الصداقة قد توثقت بين الاثنين ، وإن غاليليو لما تقدم به العمر وفقد بصره فى آخر أيامه كان يجد فى حديث صديقه الفتى سروراً خفف عليه كثيراً من آلام الحياة ، ولما مات غاليليو رأى دوق توسكانيا أن يعين تور شيلى أستاذاً للرياضيات فى الجامعة خلفاً لغاليليو .

ولم يمض على تورشيلى بعد ذلك زمن طويل حتى فكر فى تجربة جديدة مدهشة بخصوص الفراغ . رأى أن يملأ أنبوبة بسائل ثقيل هو الزئبق بدل الماء ، وتوقع أن تكون « مقاومة الفراغ » المزعومة فى حالة الماء أكبر منها فى حالة الزئبق بقدر أربع عشرة مرة تقريباً ، أى أن الزئبق لا يرتفع فى الأنبوبة ثلاثة وثلاثين قدماً بل حوالى ثلاثة أقدام . وتعب الرجل كثيرا فى الحصول على أنبوبة زجاجية تلائم غرضه ، لأن صانعى الزجاج فى ذلك الوقت لم يكونوا قد عرفوا بعد كيف يصنعون أنابيب زجاجية متينة على الرغم من أنهم كانوا مهرة فى صناعة الأوانى الزجاجية بجميع أنواعها الأخرى . ولم يقم تورشيلى نفسه بعمل التجربة ، بل قام بإجرائها أحد أصدقائه سنة ١٦٤٣ ، ثم شرحها تورشيلى فى خطاب بعث به إلى صديق له فى روما فى السنة التالية . وما إن تسلم هذا الصديق ذلك الخطاب حتى بعث بمضمونه إلى صحبه فى باريس ، وشاع الأمر وأحدث شيوعه رجة شديدة فى الأوساط العلمية .

وتلك كانت التجربة : ملئت بالزئبق أنبوبة زجاجية طولها ثلاثة أقدام ، مغلقة عند أحد طرفيها بالطبع ، ثم سد الطرف المفتوح بالإصبع بعد ملئها ، وغمر وهو كذلك فى زئبق موضوع فى حوض . ولما رفع الإصبع انحدر بعض الزئبق الذى فى الأنبوبة إلى الحوض تاركا وراءه عند قمة الأنبوبة — أى عند طرفها المسدود — فراغاً بلغ طوله حوالى نصف قدم ، وبذلك كان ارتفاع الزئبق فى الأنبوبة قدمين ونصف قدم تقريبا أى حوالى ستة وسبعين سنتيمترا . ولما سمع العالم الفرنسى الشهير بسكال بهذه التجربة قال : « يخيل إلىّ أن الفراغ ليس مستحيلا فى الطبيعة ، وأنها لا تنفر منه فزعة هذا الفزع العظيم الذى يتخيله البعض » .



(شكل ٣١)
بارومتر قديم

بقى بعد ذلك أن تُعلَّل هذه المشاهدة العجيبة الفذة تعليلا معقولا . وسرعان ما وصل العلماء الإيطاليون والفرنسيون إلى تفسيرها تفسيرا صحيحاً مبنياً على الحقائق التى كانوا وصلوا إليها عند وصلهم أنبوبتين رأسيتين من أسفل ثم ملئهما بسائلين مختلفين ، فقد وجدوا أن عمودا من السائل الثقيل منهما يوازن عمودا أطول منه من السائل الخفيف . وقالوا لو كان يمكن عمل أنبوبتين ارتفاع كل منهما مائة ميل مثلا ، فقد تصل كل منهما إلى نهاية الجو . فإذا تركت إحدى الأنبوبتين ملأى بالهواء ووضع فى الأخرى بدل الهواء زئبق فإن عمودا قصيراً من الزئبق يتزن مع عمود الهواء الطويل الموجود فى الأنبوبة الأخرى ، ويكون طول عمود الزئبق أقصر من طول عمود الهواء بنسبة خفة الهواء عن الزئبق . وتؤلف الأنبوبتان إذن مقياسا لإيجاد ضغط الجو ، أى أنهما تؤلفان معاً بارومتراً . وكل تغير يحدث فى الهواء الذى يملأ إحدى الأنبوبتين يمكن الاستدلال عليه فورا بارتفاع أو انخفاض عمود الزئبق المتزن فى الأنبوبة الأخرى مع عمود الهواء . وإذن يمكن قياس الضغط الجوى .

قياس الضغط الجوى

وظاهر أنه فى البارومتر يكفى أن تغلق الأنبوبة المشتملة على الزئبق عند ارتفاع ثلاثة

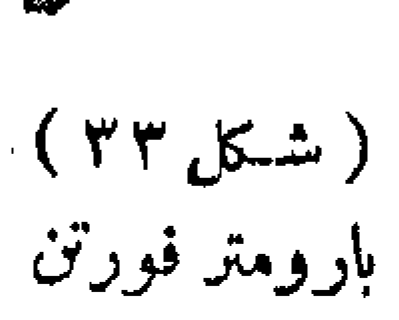
أقدام منها ، لأن الأمر لا يحتاج هنا لأنبوبة ارتفاعها مائة ميل أو أكثر ، وكذلك لا داعى لأنبوبة طويلة فى الجانب الآخر . فلقد رأينا مما مر بنا أن ضغط السائل يتوقف على ارتفاع سطحه فقط . ولما كان اتساع الأنبوبة لا تأثير له البتة فإن أنبوبة الهواء يصح أن تكون واسعة بالقدر الذى نريده ، أو بعبارة أخرى ، يصح أن نزيلها بتاتا من الجهاز ، لأن ذلك يساعد على عدم دخول فقاقيع الهواء فى الفراغ الذى بأعلى الزئبق . وهذا يمكن الحصول عليه بثنى الجزء الأسفل من أنبوبة الزئبق ، ثم بجعلها تتجه بفوهتها إلى أعلى مرة أخرى . فالزئبق إذن يرتفع فى الأنبوبة الطويلة ويكون منخفضاً فى القصيرة ، ويقاس ضغط الهواء الواقع على سطح الزئبق فى الأنبوبة القصيرة بإيجاد الفرق بين سطحى الزئبق فى الأنبوبتين .

ويكون الأمر أسهل بالطبع لو دل سطح الزئبق نفسه على ضغط الهواء . وهذا يمكن الوصول إليه بغمر الطرف الأسفل لأنبوبة الزئبق فى إناء كبير مملوء بالزئبق ، بحيث لا يتأثر سطحه تأثيراً بليغاً إذا ما سال جزء قليل من الزئبق من الأنبوبة أو دخل فيها جزء قليل . فإذا درجت الأنبوبة أمكن تعيين الارتفاع بمجرد النظر . على أن القياس المضبوط إنما يحصل عليه بإيجاد البعد الرأسى بين سطحى الزئبق فى الأنبوبة والإناء . وهذا الجهاز البسيط هو فى الواقع البارومتر الزئبقى الحديث .

(شكل ٣٢)
بارومتر ذو ممص ملتوى الأنبوبة

وكان تورشيلى نفسه يدرك أهمية تجربته ، فكتب يقول : « لا أريد فقط أن أوجد فراغاً ، بل أريد أن أصنع آلة تبين تغيرات الهواء الذى يكون يوماً ما ثقيلاً كثيفاً ويوماً آخر خفيفاً لطيفاً » .

وقال بسكال إنه إذا كان ضغط الهواء هو الذى يرفع الزئبق أسفل الفراغ ، فإن الزئبق الموجود فى البارومتر يجب أن يكون أقصر عند قمة جبل منه عندما يكون على الأرض قريباً من سطح البحر . وسأل صهراً له يقيم فى جنوب فرنسا ، أن يأخذ بارومتراً ويصعد به على جبل عال . فلما فعل ذلك وجد أن عمود الزئبق قد هبط ثلاث



(شكل ٣٣)
بارومتر فورتن

بوصات ، لأن جزءاً من الهواء ظل يضغط على الزئبق وهو فى هـذا العلو . وقد قال كل من شاهدوا إجراء هـذه التجربة « إن هذا قد ملأنا سروراً و إعجاباً » وأخذ بسكال مثانة غير مملوءة تماماً بالهواء ، وصعد بها على جبل ، فوجد لدهشته أن المثانة جعلت تنتفخ شيئاً فشيئاً أثناء الصعود حتى انتفخت تماماً عند القمة ، فلما هبط بها عادت إلى سابق أمرها رخوة غير مشدودة . وقد دلت هذه النتيجة على أن الضغط الذى لم يكن كافياً لنفخ المثانة عند الأرض استطاع أن يقاوم ضغط الهواء و يتغلب عليه عند قمة الجبل .

ووجد نفر لم يستطيعوا أن يصدقوا أن ضغط الهواء يرفع هذا العمود من الزئبق مقاوماً فعل الجاذبية ، لأن مادة الهواء لطيفة لا تستطيع ذلك · وقالوا إن عمود الزئبق الذى طوله ثلاثون قدماً يضغط بقوة تساوى ثقل خمسة عشر رطلا على كل بوصة مربعة من السطح الذى يحمله ، و بذلك يكون ضغط الهواء الواقع على جسم الإنسان مساوياً عدة أطنان . وهذا كثير لا يحتمله جسم الإنسان بأى حال . ولـكن مخترعى البارومتر ردوا عليهم قائلين إن هذا الضغط الهائل يقع فعلا على جسم الإنسان ، ولـكنه يتزن مع ضغط الهواء الموجود فى داخل الجسم ، ومن ثم لا يشعر الإنسان بأى ضيق البتة من جراء ضغط الهواء .

ومما يضحك أن أحد فلاسفة ذلك الزمان ادعى أن الزئبق ترفعه خيوط غير منظورة مدلاة من قمة الأنبوبة ، لأنه إذا سد أحد هذه القمة بإصبعه شعر بهذه الخيوط تشد إصبعه شدا ! ! .

على أن هذا الضغط المذكور قد ثبت وجوده بشكل أوضح على يد عالم أرلندى اسمه رو برت بويل ، إذ أنه برهن على أن الهواء المحبوس إذا انكمش لنصف حجمه تضاعف ضغطه فصار ثلاثين رطلا على البوصة المربعة الواحدة .

الفراغ والضوء والصوت

وكان الفراغ الذى بأعلى عمود الزئبق موضع غرابة لدى مستكشفيه . فهو فى نظرهم فضاء خلاء تماماً من كل مادة ، وهو من جهة أخرى أول فراغ من نوعه وصلوا إليه ، ويبدو لهم كأنه مملوء هواء ، أو هو شفاف مثله ، ومن ثم اتضح لهم أن الضوء لا يجد صعوبة فى السير خلال الفضاء الخلاء . وقد أدى ذلك إلى التفكير فيما إذا كان الصوت يستطيع أيضاً أن يسير وينتشر فى الفضاء الخلاء . وفعلا حاول المجمع العلمى التجريبى الذى تأسس فى روما بعد وفاة غاليليو أن يستكشف بعدة طرق ما إذا كان الصوت ينتشر فى الفراغ أم لا . ولم يصلوا إلى قرار حاسم فى الموضوع . فالناقوس الصغير الذى أدخلوه فى الفراغ الذى أحدثوه ، معلقاً فى خيط ، جعل يدق وهم يسمعون دقاته . والصوت فى هذه الحالة قد يكون انتقل بسهولة عن طريق الخيط إلى الزجاج ، وبذلك لم تثبت التجربة شيئاً . ولم يستقر الرأى فى هذا الخصوص على الحقيقة إلا بعد أن اخترعت مفرغة الهواء ، وثبت أن الصوت لا ينتشر فى الفراغ .

***

وأصبح البارومتر الآن من الأشياء العادية التى ترى حتى فى بعض المنازل للدلالة على الجو ، فإذا ما انخفض زئبقه بسرعة دل ذلك على اقتراب هبوب عاصفة ، واتخذ البحار حيطته فأوى إلى مرفأ أو أسرع إلى عرض البحر بعيداً عن صخور الشواطىء ؛ ونرى اليوم كل سفينة تسبح فى اليم أو على متن الهواء مجهزة ببارومتر ، ولكنه بارومتر لا يشترط فيه أن يكون زئبقياً . والبارومتر المستعمل الآن هو البارومتر ذو وجه الساعة وذو العقرب بين الداخلى والخارجى . والداخلى منهما يعين موضع زميله الخارجى فى أى وقت ، فيحركه يميناً أو شمالاً إذا ما ارتفع الضغط أو انخفض . وهــذا العقرب الداخلى تحركه آلة فى



(شكل ٢٤)
البارومتر المعدنى ذو وجه الساعة

صندوق فلزى فرغ هواؤه . فبتفاوت ضغط الهواء شدة وضعفاً على غطاء الصندوق يتحرك المقرب الداخلى فيتحرك الخارجي على الميناء .

وصار فى الإمكان التنبؤ بحالة الجو واتخاذ الحيطة اللازمة ، والفضل فى ذلك كله للبارومتر الذى هو أحد كشوف علم الفيزيقا .

وكم لعلم الفيزيقا على الإنسانية من أفضال وحسنات .

الفصل الثامن

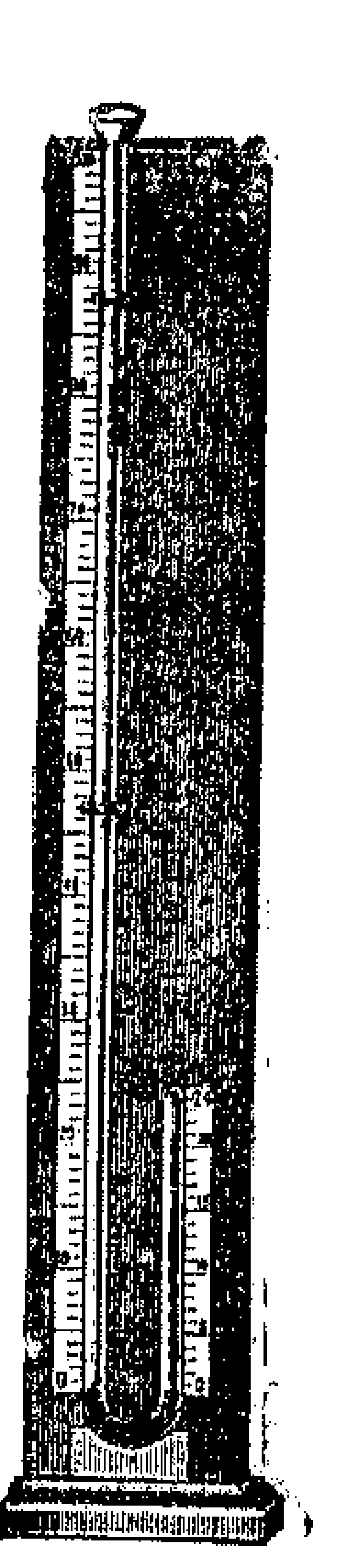
مفرغة الهواء

كان من رأى غاليليو أن تصاغ النظرية أولا ، ثم توضع بعدئذ موضع الإختبار التجريبي ، أى أنها تختبر عملياً عن طريق التجارب . ويرى غيره عكس ذلك ، أى تجرى أولا تجارب كثيرة ، ثم من نتائجها يصح أن تستخلص قاعدة عامة تصاغ فى عبارة خاصة ، وتسمى عندئذ نظرية . وكان روبرت بويل من الطراز الثانى القائل بالتجربة أولا ثم بالنظرية ثانياً . وهو ارلندى اشتهر فى غير ميدان الكيمياء ببحوثه الفيزيقية فيما سماه « نابض الهواء » أو « زنبرك الهواء » ، يريد به الضغط الذى يستطيع أن يحدثه الهواء المحبوس المكبوس . جاء هذا العالم بأنبوبة زجاجية طويلة ثم ثناها فصارت ذات شعبتين ، طويلة مفتوحة وقصيرة مغلقة . ثم صب فيها زئبقا بحيث احتوت شعبتها القصيرة على قليل من الهواء المحبوس الذى انضغط بسبب الزئبق الموجود فى الشعبة الطويلة . وجعل يصب زئبقا فى الشعبة الطويلة على دفعات ، وفى كل مرة كان يلاحظ أن الفضاء المشتمل على الهواء يصغر كلما زاد ضغط الزئبق . والواقع أنه وجد أن الهواء يسلك إلى حد كبير مسلك النابض أو الزنبرك المرن الذى ينفرط ثم ينضغط أو الذى يمتد ثم ينكمش .



(شكل ٣٥) روبرت بويل

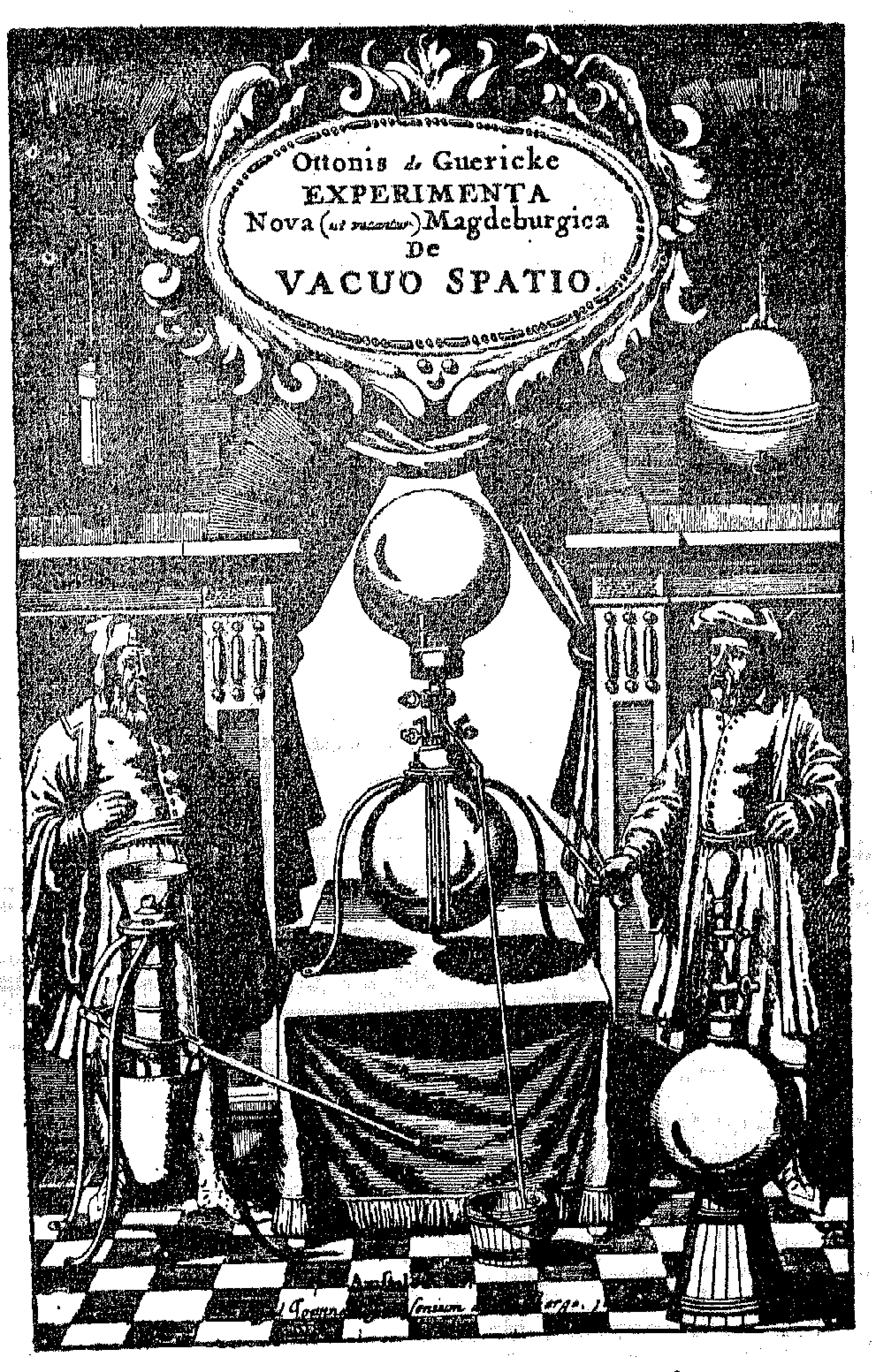
أوتو فون جيريك ومحاولاته


(شكل ٣٦)
أنبوبة بويل

وبعد أن أجرى بويل تجارب كثيرة من هذا النوع علم بظهور جهاز ابتكره ألمانى ثم أجرى به تجارب عجيبة مدهشة جدا . واسم هذا الألمانى أوتو فون جيريك من أسرة كبيرة فى مجدبورج . تلقى العلم فى جامعات ألمانيا ثم فى ليدن ، ثم سافر بعدئذ إلى انجلترا وفرنسا . ولما اكتسحت مجدبورج سنة ١٦٣١ خلال حرب الثلاثين سنة ، فر هو وأسرته ناجين بأنفسهم . ثم التحق بعدئذ بجيش جستاف أدولف يعمل فيه كمهندس . وفى سنة ١٦٤٦ عين حاكما لبلدة مجدبورج . وكان جيريك هذا يبحث فى النجوم ، يريد أن يعرف ما هى ، وكيف تسبح فى هذا الفضاء . وكان يعتقد أنها لا تسبح فى هواء كهواء هذه الأرض ، لأنها لو كانت كذلك لقاوم الهواء سيرها وأوقفها على مضى الزمن . وظن أنه لكى يصل إلى معرفة حقيقة حركتها لا بد له أولا أن يوجد فضاء كذلك الفضاء الذى تسبح فيه هذه الأجرام السماوية ، وكان يرى أن هذا الفضاء لا بد أن يكون خلاء فارغا من كل مادة . ومن ثم حاول أن يوجد هذا الفضاء الخلاء أو الفراغ كما نسميه الآن .

وكانت أولى طرائقه فى هذا الصدد غريبة كل الغرابة . أخذ برميلا كبيرا من الخشب محكم الجدران ، ليست به إلا فتحة واحدة فقط ، ثم ملأه ماء . ووصل هذه الفتحة بمضخة مائية ، وحاول بكل ما أوتى من قوة أن يخرج الماء من البرميل عن طريق المضخة . وكان هذا أمراً صعباً جداً لم يكن يتوقعه ، لأن الهواء جعل يضغط على الماء بمعدل خمسة عشر رطلا على كل بوصة مربعة ، أو كيلو جرام وبعض جرامات على كل سنتيمتر مربع ، ومن ثم بقى الماء فى جوف البرميل . ولو كانت الفتحة غير محكمة السد لاندفع الهواء إلى داخل البرميل من خلال هذه الفتحة نفسها . ولكن جيريك منع تسرب الهواء إلى داخل البرميل بتاتاً ، ولهذا جهد كثيرا فى تفريغ الماء ، ولو كان استطاع أن يفرغ الماء كله لما كان ثمت شك فى أن الماء قد ترك وراءه فى البرميل فراغاً .

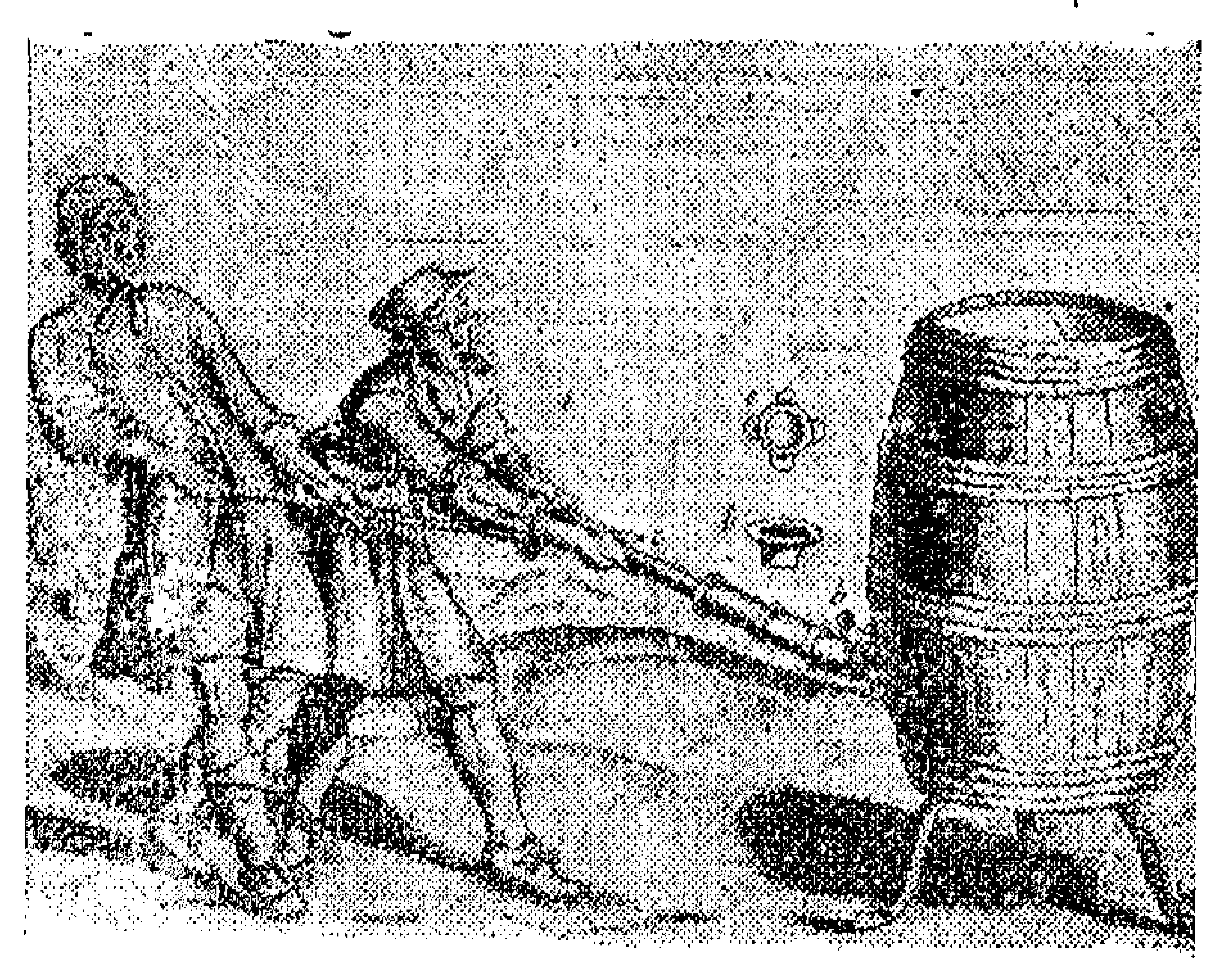
وقد نجح فعلا فى إخراج جزء كبير من الماء بتشغيل المضخة بكل ما أوتيه من قوة ،



(شكل ٣٧) أوتوفون جيريك ومفرغته على يسار الصورة من أسفل .
وفى يمين الصورة من أسفل توجد الـكرة التى استخدمت لإيجاد وزن الهواء
وفى يمين الصورة من أعلى نصفا كرة مجدبورج

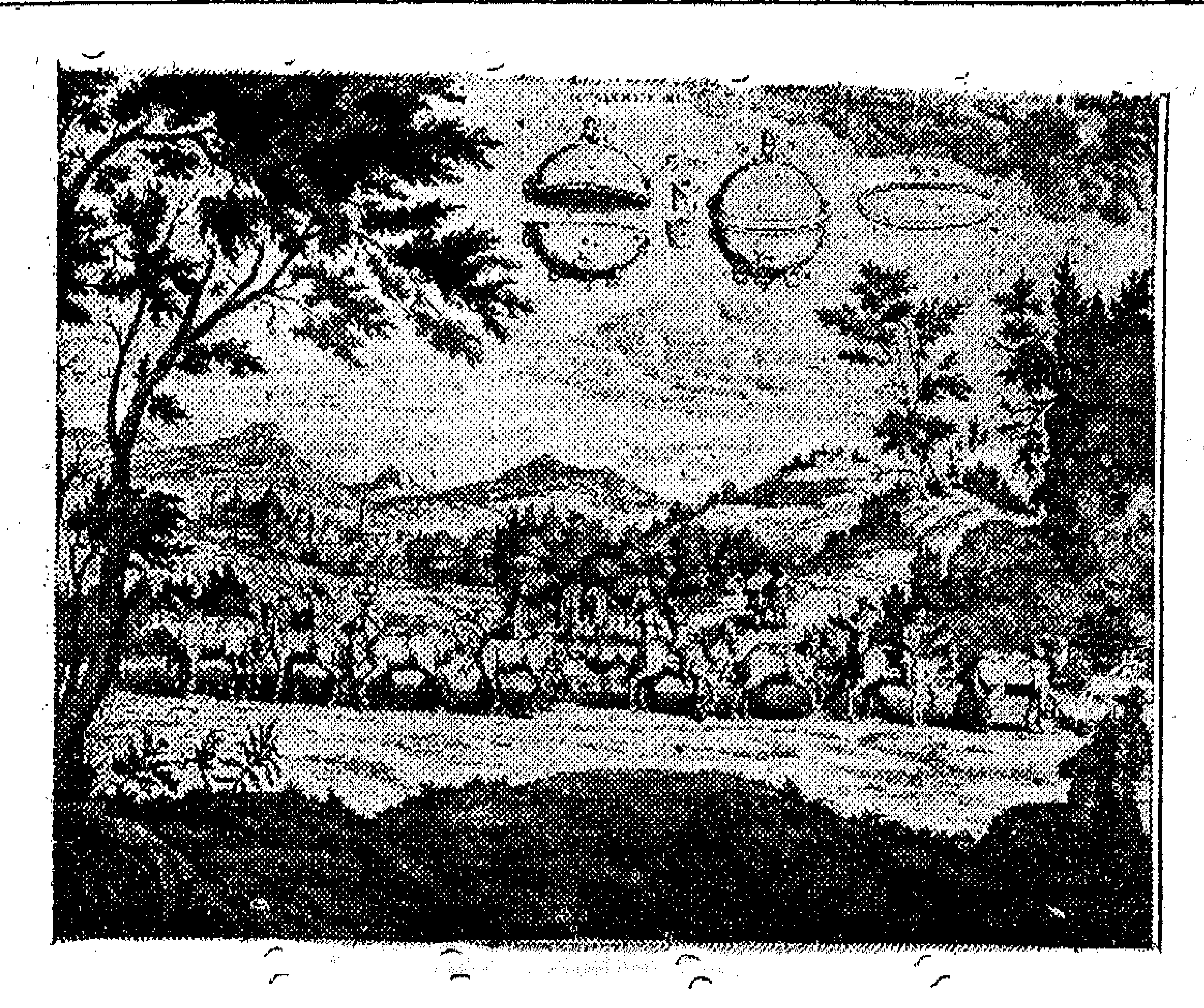
ولـكنه كان كلما تدفق المـاء يسمع صوت قرقرة سببه دخول الهواء من بين القطع الخشبية المـكونة لجدار البرميل ، إذ كانت غير محكمة التركيب فلم تستطع صد الهواء عن اقتحام البرميل . نخطر له أن يضع برميلا داخل برميل ، ولـكنه لم ينجح كما كان يرجو لأنه استمر يسمع صوتاً كفحيح الأفعى أو شقشقة الطير . واستمر فى تجربته هذه عدة

أيام كان البرميل فى خلالها قد امتلأ بالهواء . فاقتنع جيريك بأنه لن يستطيع الحصول على الفضاء الخلاء ما دام يستخدم فى تجربته برميلا من الخشب .



(شكل ٣٨) جيريك يفرغ الماء من البرميل

ومن ثم جرب تفريغ كرة مصنوعة من النحاس الرقيق المطروق . واشتغل ثلاثة رجال فى تفريغ هذه الكرة من الهواء ، وما كاد معظم الهواء يخرج منها حتى انفجرت ، وأحدث انفجارها دوياً كبيراً ، وذلك لأن ضغط الهواء الخارجي حطمها تحطيما . فصنع كرة أخرى من النحاس السميك وقسمها نصفين تفصلهما حلقة من الجلد المنقوع فى مخلوط من الشمع وزيت الطورمنتينا . وتلك هى كرة مجدبورج الشهيرة فى كتب « الطبيعة » وقد سميت باسم المدينة التى أجريت فيها التجربة . فلما فرغت هذه الكرة من الهواء لصق نصفاها معاً لصوقاً شديداً ، ولم يستطع أحد أن يفصلهما . ولكن لما ترك الهواء يملأ جوف الكرة ، وذلك بفتح صنبور مركب فى أحد النصفين ، انفصلا بسهولة . وأجريت هذه التجربة ذات يوم أمام إمبراطور ألمانيا إذ ذاك وكبار رجال الدولة ، واستطاعوا فى هذه المرة أن يفصلوا النصفين بعد تفريغ الهواء ولكن باستخدام ستة عشر جواداً من كرام الخيل ربط ثمانية منها فى نصف والثمانية الأخرى فى النصف الآخر . وكانت هذه التجربة أشبه بشد الحبل ، وإنما بين الخيول لا بين الرجال . وقدروا قوة اتصال النصفين يومذاك بما يعدل وزن طن . ولا تخلو اليوم المعامل المدرسية من نصفى كرة مجدبورج .

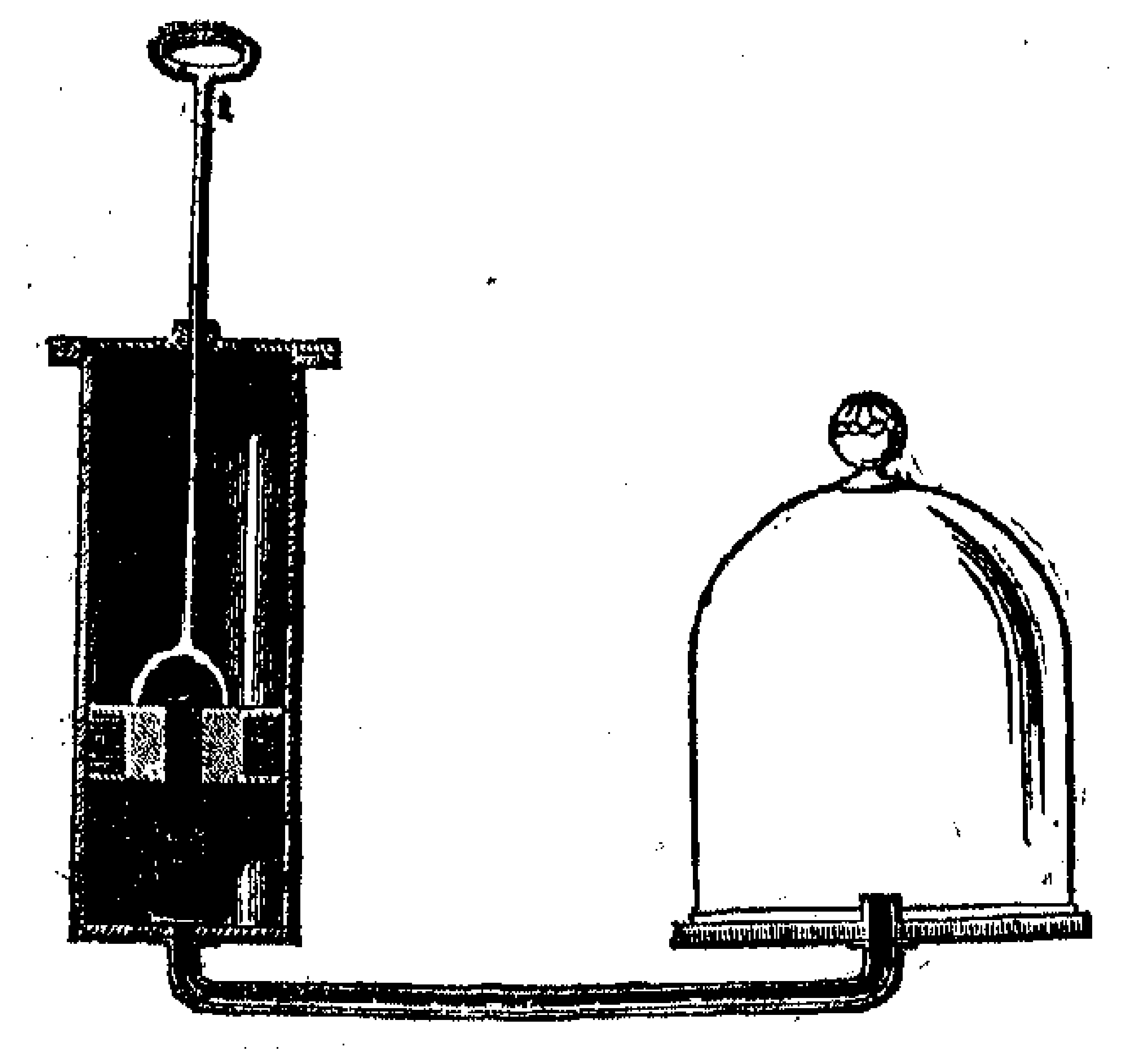


(شكل ٣٩) نصفا كرة مجدبورج بعد التفريغ يحاول فصلهما ستة عشر جواداً

تجارب بويل

ولما سمع بويل بهذه التجارب أعد مفرغة للهواء تركب فوق أنبوبتها الماصة كرة من الزجاج المتين ذات فتحة من أعلى يغطيها سداد . وكانت لهذه الكرة من أسفل رقبة أسطوانية هي التي تركب على أنبوبة المص ، وبهذه الرقبة صنبور ، فكانت إذن ترفع بسهولة كلما أريد رفعها . وبدأ بويل يجري ما شاء من التجارب . فأدخل في الكرة مثانة صغيرة مغلقة تشتمل على قليل من الهواء ثم أدار المفرغة . فوجد أن المثانة انتفخت على الفور ، وجعل انتفاخها يتزايد حتى انفجرت . وواضح أن انفجارها نشأ عن زيادة ضغط الهواء الموجود بالكرة وتغلبه عليها .

وجاء بكأس مملوءة ماء ، ثم أدخلها في الكرة وفرغ هواءها . فوجد لدهشته أن الماء بدأ يغلي . وظهرت الفقاقيع على الرغم من أن حرارة الماء لم تبلغ درجة الغليان . فظن بويل أن الماء يمكن أن يتحول إلى هواء . ولكنه كان في ظنه هذا مخطئاً ، لأننا نعلم الآن أن البخار يتصاعد من الماء متى قل ضغط الهواء الواقع على السطح ، حتى إذا كانت درجة الحرارة منخفضة . ووجد بويل أن لسقوط الماء في الفراغ المزعوم صوتاً يشبه

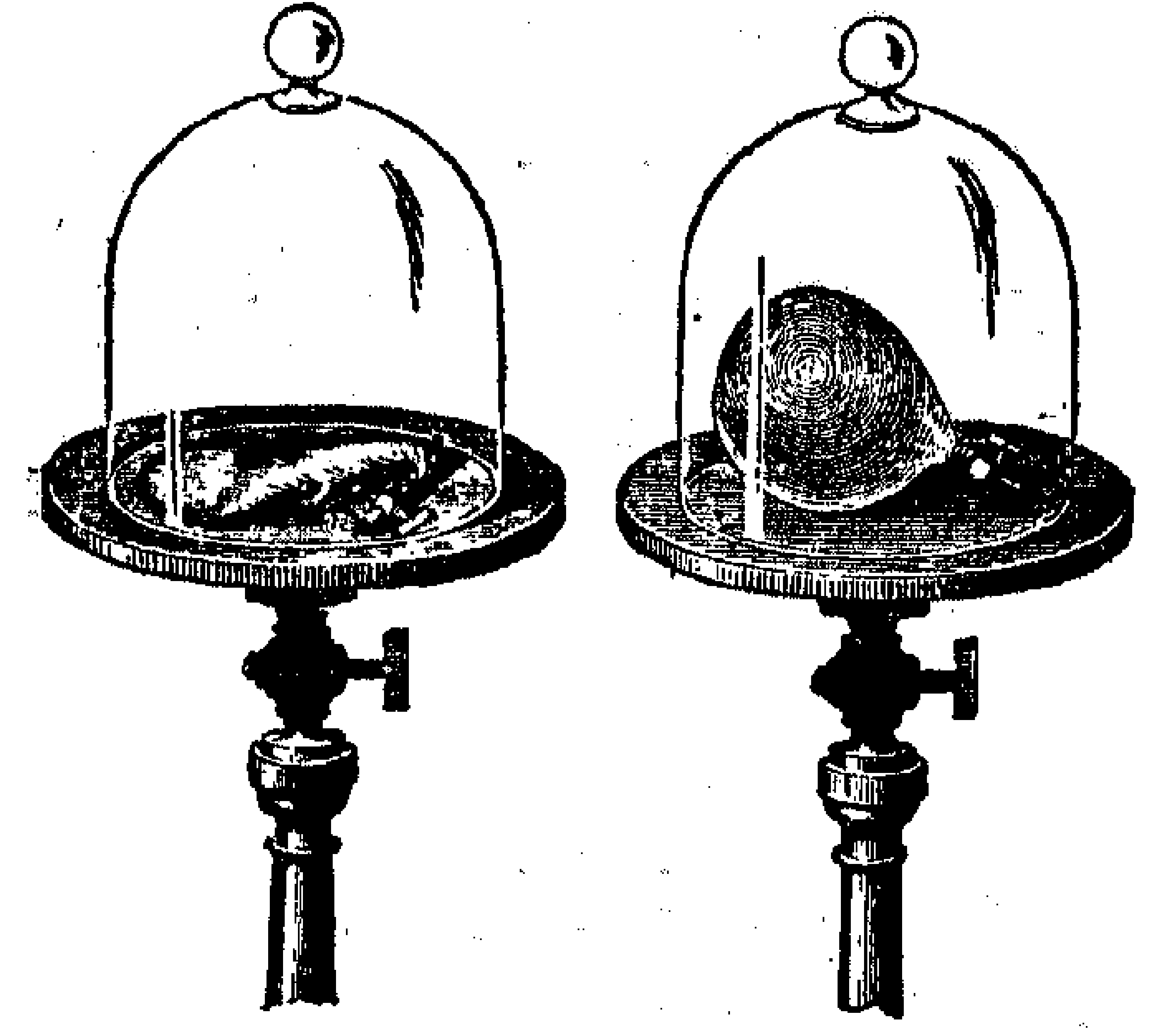


(شكل ٤٠) مفرغة بابن

صوت سقوط الجسم المعدنى .

ولما أدخل دنس بابن الفرنسى التحسين الأخير على مفرغة الهواء ، أجرى تجارب على المثانة المشتملة على قليل من الهواء حينما توضع فى ناقوس الآلة المفرغة . وكانت تجاربه هذه أولى خطواته فى سبيل اختراع الآلة البخارية التى ينسب اختراعها خطأً إلى جيمس وات الإنجليزى ، مما سنفصله عند الكلام على الآلة البخارية ومخترعها .

مفرغة جيريك



(شكل ٤١) المثانة المشتملة على قليل من الهواء تنتفخ إذا وضعت فى ناقوس الآلة المفرغة متى فرغ هواؤه

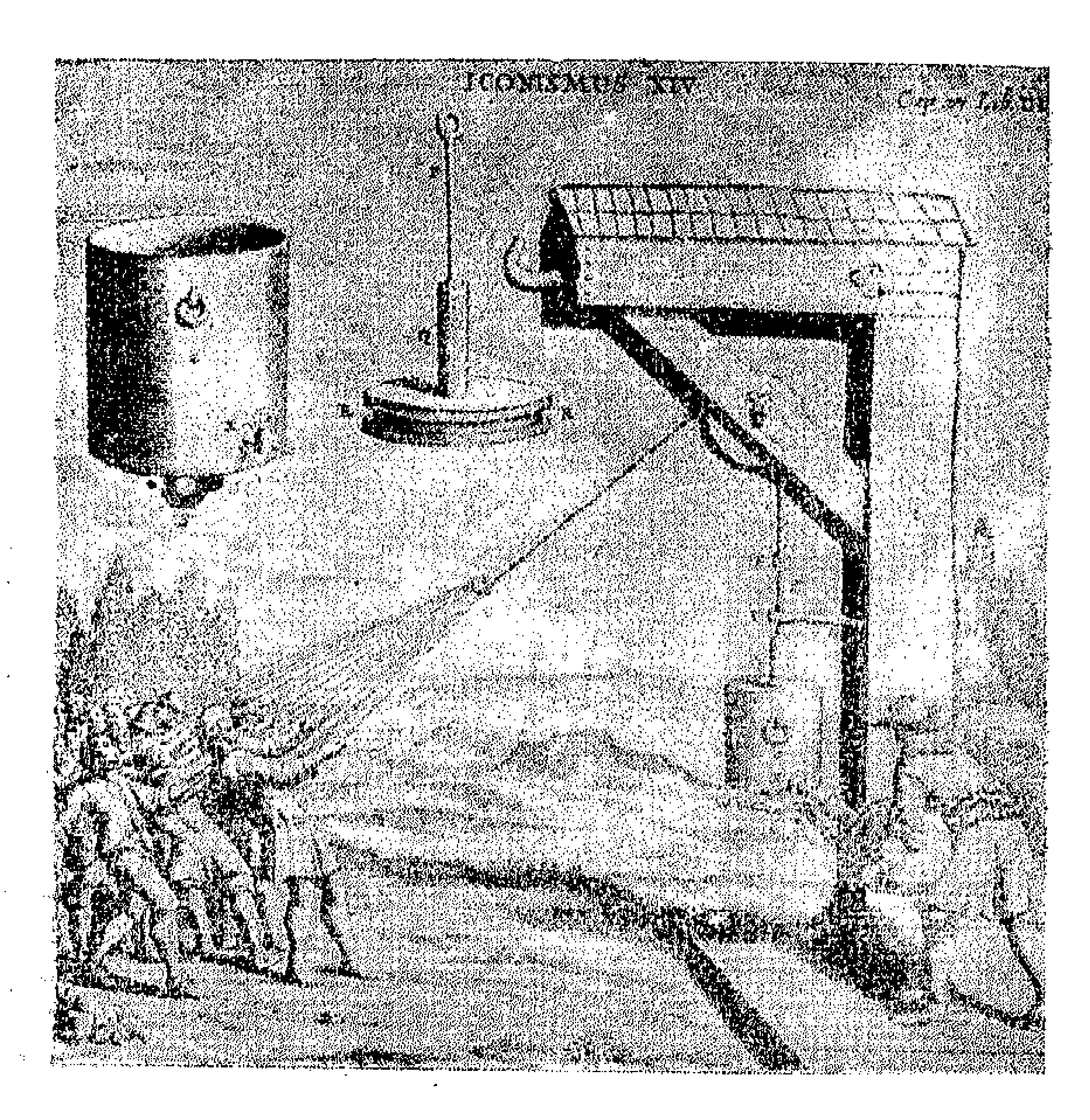
وفى الوقت الذى أتم فيه بويل اختراع مفرغته كان جيريك منهمكا فى تحسين مفرغته ، وسرعان ما استطاع أن يفرغ بها بعد اصلاحها معظم الهواء الذى يكون موجوداً فى الإناء المراد تفريغه ، غير تارك إلا جزءاً واحداً فقط من ثلاثين جزءاً منه . ثم نجح بعدئذ فى إثبات أن الفراغ لا يسمح بانتقال الأصوات فيه ، وذلك بأن وضع ساعة فى الإناء الذى أراد تفريغه ، وكان كلما مضى فى تفريغ الهواء تضاءل صوت دقات الساعة شيئاً فشيئاً إلى أن انعدم تقريباً . وكان يرى أن تأثير امتصاص الفضاء الخلاء للغازات التى تقترب منه من الشدة بحيث إذا زفر شخص فى فراغ كبير زفرة واحدة كانت هذه الزفرة آخر أنفاسه . ومن لطيف ما يروى عنه عند تفريغه كرة مجدبورج بمفرغته الجديدة أنه قال : —

« عند فتح صنبور الكرة النحاسية بعد تفريغها اندفع الهواء إلى داخلها بقوة عظيمة وكأنما أراد أن يسحب معه إلى داخلها الشخص القريب منها . ولو أنك لفتّ وجهك

نحوها وأنت على بعد ما منها لانسحبت أنفاسك إليها . والواقع أنك لا تستطيع أن تقرب يدك من الصنبور دون أن تتعرض لخطر اندفاعها بشدة إلى داخل الكرة » .

وأبى كبير قواد ألمانيا إذ ذاك أن يصدق ما يقوله جيريك عن مفرغته ، فأراد أن يقنعه بطريقة أخرى . وذلك أنه صنع اسطوانة نحاسية يتحرك فى داخلها مكبس محكم الوضع لا ينفذ الهواء بتاتا ، ثم ربط هذا المكبس بحبل يمر على بكرة ملساء ، وربط بالطرف الخالص للحبل عشرين حبلا أخرى ، أمسك بكل حبل منها رجل قوى عضل . ثم شد الرجال الحبال ، فارتفع المكبس حتى بلغ قمة الاسطوانة . وكان جيريك قد ثقب الاسطوانة من أسفلها . فلما جاء بكرته المفرغة ، وأدخل رقبتها الرفيعة فى هذا الثقب ، ثم فتح صنبورها الذى كان مغلقاً ، اندفع هواء الاسطوانة إلى داخل الكرة ، وبعبارة أصح ، دُفع هذا الهواء بقوة الهواء الخارجى . وكانت قوة الاندفاع من الشدة بحيث هبط المكبس جاذبا إليه أولئك الرجال الأقوياء العشرين الممسكين بالحبال ، ولم يستطيعوا الاحتفاظ بالمكبس فى مكانه فى أعلى الاسطوانة .

ومن الغريب أن جيريك ظل طيلة هذا الوقت كله يجهل التجارب التى كان أجراها فى إيطاليا تورشيلى تلميذ غاليليو ، وقد مر بنا ذكرها فى الفصل الماضى . ولو أنه كان سمع بها لحاول أن يحصل على فراغ تام عن طريق الزئبق كما كان يعمل تورشيلى ، وكما يحدث الآن ، ولكن جهازه يفضل من بعض الوجوه جهاز الإيطاليين ، فإن هؤلاء لما أرادوا أن يعرفوا ما إذا كانت الحيوانات تستطيع أن تتنفس فى الهواء المخلخل ، أى الهواء الذى فُرِّغ بعضه ، جاءوا بطيور و بعض حيوانات أخرى صغيرة ، ثم أدخلوها فى الفراغ الموجود بأعلى عمود الزئبق ، فوجدوا بالطبع أن الحيوانات لم تستطع أن تعيش ، أولا لأن الهواء ضرورى للتنفس ، وثانياً لأن تكوين جسومها قد اضطرب بل تقوض من جراء ضغط الهواء الموجود فى جوفها ، والذى لم يجد ما يوازنه من الهواء الخارجى . ولكن أمثال هذه التجارب وغيرها من تجارب الاحتراق يمكن إجراؤها بشكل أتم وأحسن باستخدام مفرغة الهواء التى صنعها جيريك ، و إن يكن لا يعزب عن البال أن إجراء أمثال هذه التجارب الآن على الحيوانات أصبح غير ضرورى ، لأننا نعلم أن الهواء لازم لحياة الحيوان كما هو لازم



(شكل ٤٢) ضغط الهواء على المكبس يتغلب على عشرين رجلا

لحياة الإنسان ، فإذا حرم منه ما استطاع أن يعيش .

وتحقق الناس بعد ظهور مفرغة الهواء أن دنيانا هذه إذا فقدت هواءها أصبحت كرة بليدة لا حياة فيها ، فلا إنسان ولا حيوان ولا مزروعات . والواقع أننا فى قاع خضم من الهواء بعيد الغور هو من ألزم لزوميات الحياة .

وقد أدى اختراع مفرغة الهواء إلى اختراعين عظيمين ، هما الآلة البخارية والمنطاد ، مما سنفصله فيما سيجىء من الفصول .

الفصل التاسع

نيوتن

في بلدة جرانثام ، إحــدى البلاد الريفية الانجليزية ، أثناء هبوب تلك العاصفة الهائلة التى اجتاحت انجلترا عقب وفاة المصلح الانجليزى الكبير أوليفر كرومويل ، كان يرى صبى يلعب وحده لعبا عجيبا يلفت النظر . كان يدير ظهره للريح الشديدة ثم يقفز قفزة طويلة بطبيعة الحال ، ثم يدير بعدئذ وجهه للريح ويقفز مرة أخرى قفزة أقل طولا من سابقتها بالطبع . وكان فى كل مرة يقيس طول القفزة ، لأن هـذا القياس كان فى نظره خير وسيلة لقياس قوة هبوب الريح .

لم يكن هذا الصبى غير إسحق نيوتن الذى نبه ذكره فيما بعـد ، والذى نبغ فى العلوم الرياضية والطبيعية ، واستطاع أن يقيس لا قوة الريح فقط بل القوة التى تجعل الكوكب السيار ينزع إلى البقاء أبدا فى فلكه لا يحيد عنه شعرة .



(شكل ٤٣) تمثال نيوتن فى كمبردج

ولد نيوتن سـنة ١٦٤٢ ، وهى السنة التى منى فيها العالم العلمى بوفاة أحد عباقرته ونقصد به غاليليو . وكانت ولادته فى ضيعة وولسثورب بالقرب من جرانثام فى لنكولنشير . وكانت هذه الضيعة ملكا لذويه ، مضى عليهم فيها ما يزيد على مائة عام . ولـكن دخلها كان ضئيلا لا يتعدى ثلاثين جنيها فى العام . ومات أبوه ولم يكتمل من العمر ستة وثلاثين

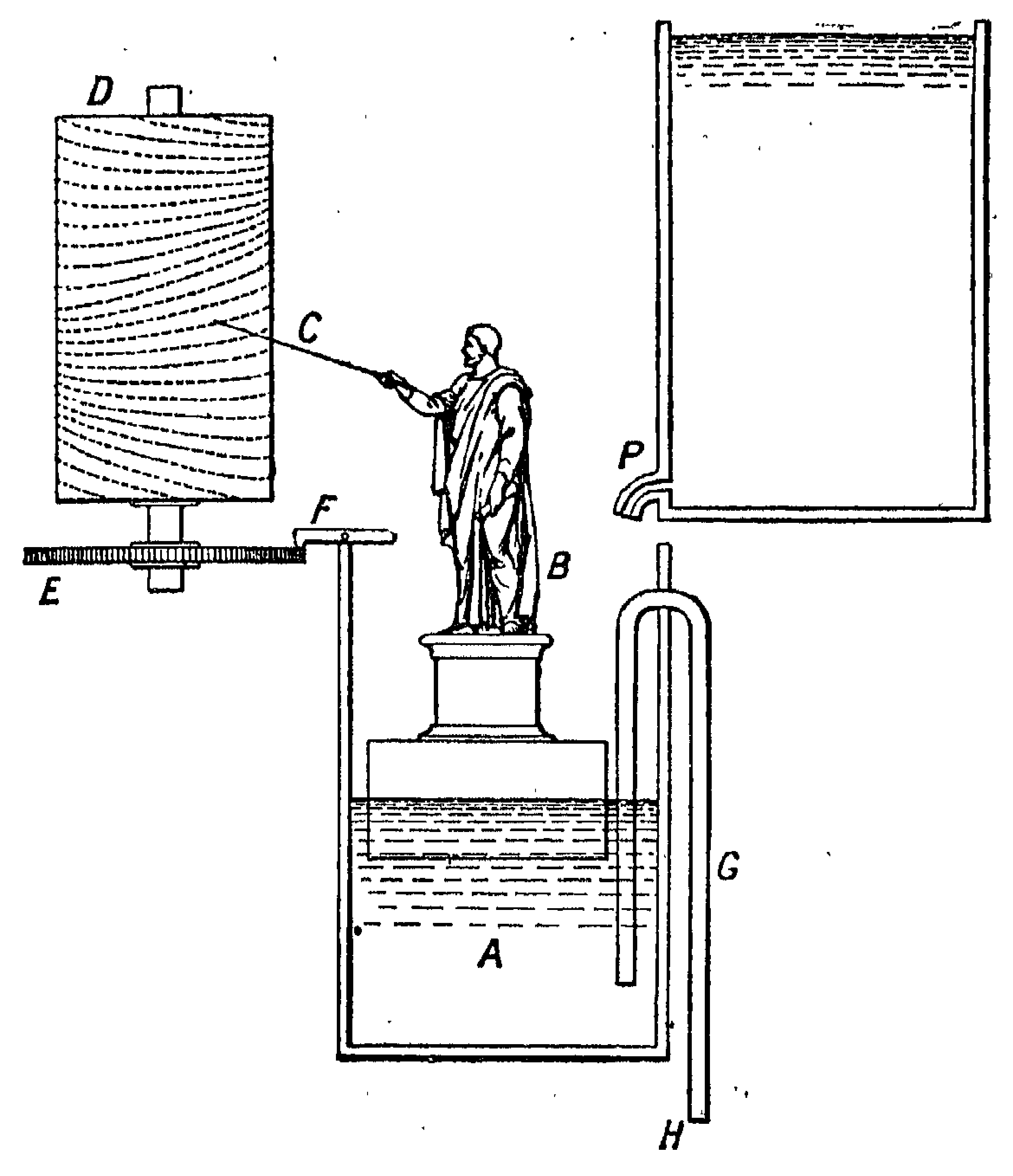
ربيعا ، وكانت وفاته عقب زواجه من أمه ببضعة شهور . فهو إذن قد ولد يتيم الأب ، لم تكتحل عينا أبيه برؤيته . وسمته أمه إسحق نيوتن وهو اسم أبيه . ثم تزوجت أمه ، وهو لا يزال طفلا صغيرا ، من القس برناباس سمث كبير قساوسة الأبرشية المجاورة . فكفلته جدته لأمه ، ورأت أن تقوم على تربيته إلى أقصى ما تسمح به الظروف . وكان وهو طفل ضعيفا مريضا لا يرجى له أن يعمر تلك السنين الطويلة التي توجت حياته الممتلئة نشاطا . ولما بلغ الثانية عشر ألحقته جدته بمدرسة فى بلدة جرانثام التى هى على مسيرة ستة أميال لكى يتعلم القراءة والكتابة . وفى هذه البلدة أقام مع صيدلى يدعى كلارك نظير جعل خاص .

حياته المدرسية

ولم تبد عليه فى المدرسة فى مبدأ الأمر مخايل الذكاء بل كان الأخير فى فصله دائما . وفى ذات يوم اعتدى عليه فى الطريق أحد زملائه بأن ركله فى بطنه ركلة شديدة رأى إزاءها أن يثأر لنفسه ، فتلاكما وكانت الغلبة لنيوتن . ولم يقنعه أن يكون الفائز فى هذه الملاكمة بل صمم على أن يبز هذا الزميل المعتدى عليه فى الدرس أيضا . ومن ثم عكف على الدرس ، إصغاء وانتباها فى الفصل ومذاكرة فى المنزل ، فلم يبز خصمه هذا فقط بل تقدم زملاءه أجمعين ، وأصبح الأول فى المدرسة .

وكان نيوتن محبا للعزلة والاعتكاف ، لا يشترك فى الألعاب ولا يحضر الحفلات المدرسية . وكان يصرف وقت فراغه فى صنع نماذج آلية . فمن ذلك أنه صنع نموذجا لطاحون هوائى ، وآخر لساعة مائية . وفكرة الساعة المائية قديمة ، ولكن نموذجه بنى على فكرة تساقط الماء نقطا بسرعة منتظمة ، حتى إذا ما ارتفع سطح الماء فى الحوض الذى تتجمع فيه نقط الماء ارتفع طوف من الخشب فحرك عقرب الساعة .

وعلّم رفاقه كيف يصنعون الطيارات من الورق . واستطاع أن يصنع من الورق فوانيس توقد الشموع بداخلها فينير بها الطريق لرفاقه زمن الشتاء . وكان قد عرف أن أهل الريف ترعبهم المذنبات ، فما كان منه ذات ليلة إلا أن ربط فانوسا بذيل إحدى



(شكل ٤٤) ساعة مائية يتساقط الماء فيها فيرفع طوفا من الخشب على شكل رجل بيده مؤشر يرتفع معه فيحرك اسطوانة . وإذا ما ارتفع الطوف إلى أعلى نقطة تكون الاسطوانة قد دارت دورة كاملة . وينسكب الماء كله من المماص بفعل الضغط الجوى ويبدأ يوم جديد .

الطيارات التى صنعها من الورق ، ثم أطلقها فى الهواء . فلما ارتفعت وسط ذلك الليل البهيم أحدثت الأثر المطلوب حيث فزع سكان القرية أيما فزع .

ولما بلغ نيوتن الرابعة عشرة توفى زوج أمه ، فعادت إلى الضيعة تقيم فى المنزل المشيد فيها . ورأت أمه أن ولدها قد بلغ السن التى يصح أن يمتهن فيها الفلاحة ، يفلح الأرض ويزرعها ، فجاءت من جرانثام إلى الضيعة ، وكان طبيعياً فى نظر أمه أن يترك الدراسة إلى الفلاحة ، مكتفية بأن تبعث به إلى جرانثام كل يوم تقام فيه السوق تحت إشراف خادم عجوز كانت تثق فيه . ولكن الفتى لم يظهر ميلا لمزاولة أعمال البيع والشراء أو حتى

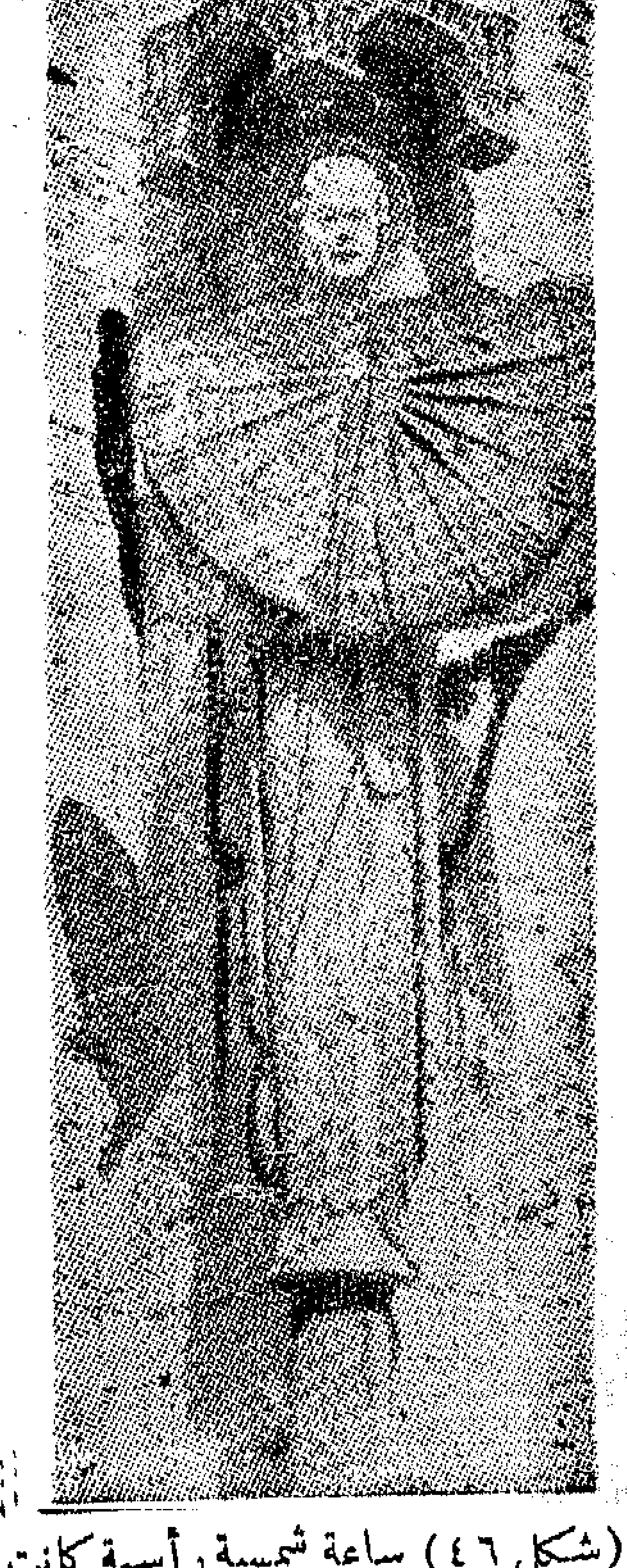
ملاحظتها ، فكان إذا ما بلغ جرانثام وترجل هو وخادمه عن جواديهما ، يترك الرجل وحده يذهب إلى السوق يبتاع ما يريد ، ثم يذهب هو إلى مسكنه القديم في دار الصيدلي يمضي وقته في مطالعة كتب هذا الصيدلي التي كانت كلها كتباً كيماوية . ويظل كذلك حتى يجيء خادمه يسأله العودة . وييئس الخادم من أن يتعلم سيده الصغير ممارسة البيع والشراء في الأسواق ، واضطر في نهاية الأمر أن يخبر سيدته برأيه في ولدها ، وهو أنه لا يصلح للفلاحة ولا يمكن أن يكون مزارعا .



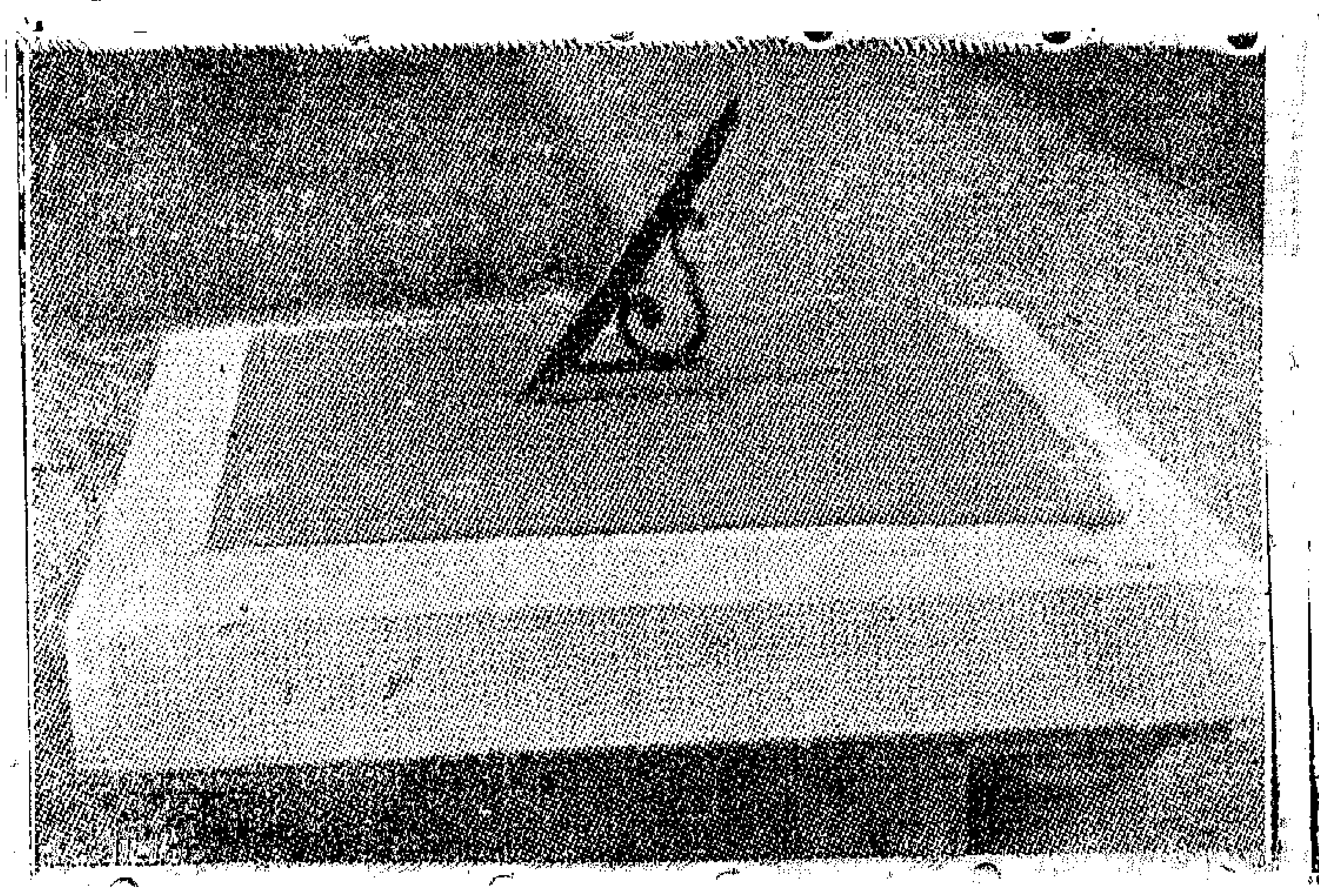
(شكل ٤٥) ساعة شمسية قديمة

والواقع أنها هي أيضا كانت تتوقع ذلك من ابنها ، لأنها كانت إذا بعثت به إلى الحقل يرعى الماشية من نعاج وأبقار جلس تحت شجرة وانهمك في قراءة كتاب أو في صنع نموذج ارتآه ، ناسياً كل النسيان ماشيته وانتشارها بين حقول الحنطة تعبث بها أيما عبث . ولاحظت أمه عليه أنه لا يقرأ حباً في تمضية الوقت ، بل تطلعا لإرواء غلته وسد نهمته من العلوم . فاستشارت في ذلك أخاها ، وكان مسجلا في الإبراشية المجاورة ، فأشار

عليها بوجوب عودة الغلام إلى جرانثام يتعلم فى مدرستها لكى يعد للالتحاق بالجامعة . فعاد إلى المدرسة فى جرانثام ، ولكن هل قصر نفسه على الدرس النظرى فقط ؟ لقد لاحظ الفتى الظلال التى يحدثها ضوء الشمس على واجهة منزل الصيدلى الذى يقيم هو فيه ، وبدأ يصنع ساعة شمسية ، وقد صنعها فعلا . وكان المزارعون إذا أرادوا معرفة الوقت التمسوه عند « مزولة اسحق » . والحق إن الساعات الشمسية ظهرت فى القديم ، ولكنها كانت تعد للاستعمال المحلى فقط ، ولم يكن نيوتن يعرف كيف يعدها لتلائم خطوط العرض فى أى مكان ، ولذا اعتمد فقط على مجرد ملاحظته هو . وأقام ساعتين شمسيتين متماثلتين فى ضيعته ، ولا يزال محفوظا الآن فى لندن أحد حجارة الجدار الذى فوقه وضعت الساعتان ، وذلك إشادة بذكرى نيوتن .



(شكل ٤٦) ساعة شمسية رأسية كانت ترى نماذج لها بأعلى الكنائس فى القرون الوسطى وعقربها يوازى محور الأرض



(شكل ٤٧) ساعة شمسية أفقية

حياته الجامعية

ولما بلغ الثامنة عشر التحق بكلية ترنتى بكمبردج . ولم تكن جامعة كمبردج إذ ذاك تعنى بالعلوم الرياضية ، ولم تظهر عنايتها بها إلا فى بداية القرن السابع عشر . وكان يوم فراقه لمدرسته فى جرانثام يوما مشهودا . فقد ودعه ناظر المدرسة ودموعه تنهمر ، وخطب التلاميذ متمدحا بنيوتن وسجاياه داعيا إلى التشبه به .

ولا يعرف شىء كثير عن سنى إقامته الأولى فى كمبردج ، ولكن الرواة يروون حادثتين تدلان على ذكائه واتقاد قريحته . وتتلخص الأولى فى أن خاله القس كان أعطاه كتابا فى المنطق أيام كان فى جرانثام فقرأه نيوتن ووعاه كل الوعى ، واستعاض بذلك عن محاضرات المنطق فى الجامعة . ولما اختبره أستاذ المنطق وجد أنه يعرف قواعد هذا العلم وأصوله أكثر مما يعرفه هو . وأما الثانية فتتلخص فى أن نيوتن قرأ كتاب العالم كبلر فى البصريات والفلك ووقف على جميع دقائقه.



(شكل ٤٨) ساعة رملية

وتلك كانت حلقة الاتصال المباشرة بين نيوتن وكبلر الذى كان قد قضى نحبه قبل ولادة نيوتن باثنى عشر عاما . فلما دعى لحضور سلسلة محاضرات فى البصريات والفلك وجد الأستاذ المحاضر أن نيوتن على علم تام سابق بما فى محاضراته من الحقائق العلمية جميعها .

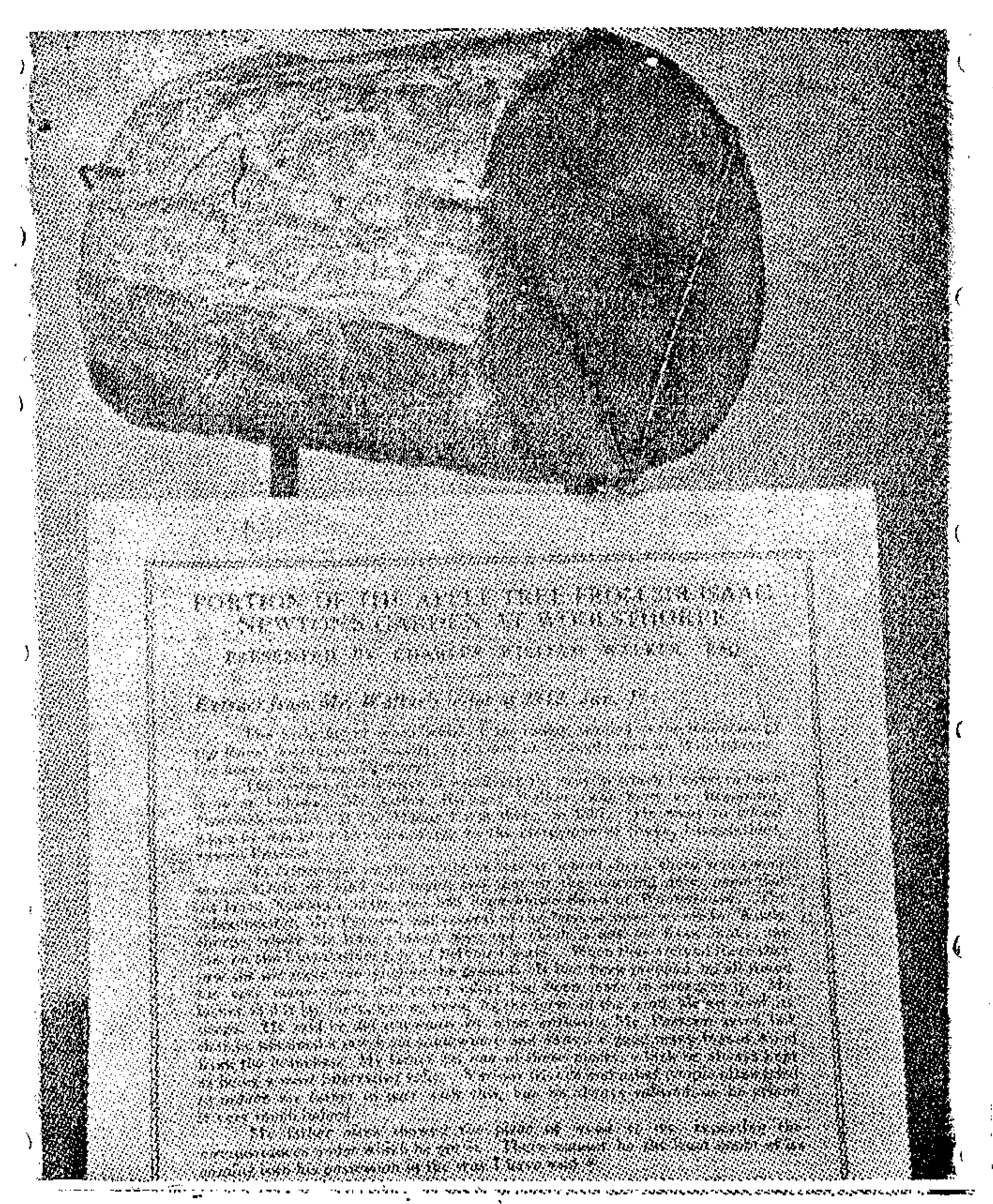
وحدث بعد مضى ثلاث سنين على نيوتن فى كمبردج أن ابتاع كتابا فى التنجيم عثر فيه على شكل هندسى لم يستطع فهمه . فاضطر أن يشترى كتابا فى علم الهندسة رمى به جانبا بعد أن عثر فيه على طلبته قائلا إنه بسيط قليل الأهمية . ولكنه ندم فيما بعد على إهماله علم الهندسة لما وجد أن هناك مسائل عويصة تحتاج إلى كثير من الشرح .

ويروى عنه أنه قال : « لقد ندمت على إقبالى على مؤلفات ديكارت فى علم الهندسة ومؤلفات غيره فى علم الجبر قبل قراءتى فى كتاب إقليدس فى الهندسة بالعناية التى يستحقها كتاب فى نفاسته » . ولكنه سرعان ما ألم بما فى كتاب إقليدس وخرج فى النهاية منتصراً .

وفى الثانية والعشرين من عمره حصل من الجامعة على درجة بكالوريوس ، ولكن دون أن يكون متقدما فى الترتيب . وحدث فى هذه السنة (١٦٦٤) أن أغلقت الكلية بسبب ظهور الطاعون الذى أودى بحياة ستين ألفاً من سكان لندن وحدها . فعاد إلى بلدته ومكث فيها حتى زال هذا الوباء من البلاد . وفى خلال زمن عكوفه هذا رأى تفاحته التاريخية تسقط من شجرتها . وحكاية التفاحة هذه تضاربت بصددها الآراء ، فبعضهم يكذبها اعتمادا على أن نيوتن نفسه لم يذكرها للعلماء الذين أدلى إليهم بآرائه الأولى عن الجاذبية . ولكن إحدى قريباته تؤكد صدق الحكاية ، وكانت لازمته فى منزله طيلة العشرين سنة الأخيرة من عمره . وقد أرسلت إلى فولتير تخبره بصحة هذه الحكاية . وقد رأى سير دافيد بروستر شجرة التفاح هذه سنة ١٨١٤ ، وأخذ جزءا من جذعها ، أما الشجرة فظلت موجودة حتى سنة ١٨٢٠ حيث هرمت كثيرا فبليت وقطعت .

التفاحة والجاذبية وقانون التربيع العكسى

والذى حدث أن نيوتن كان جالساً يوماً ما تحت شجرة التفاح تلك يفكر فى قوى الطبيعة ، فلفتت نظره تفاحة تسقط على الأرض . « فالتفاحة تسقط لأن الأرض تجذبها إليها ، وجذب الأرض للأجسام ظاهرة معروفة ، عرفها الإنسان قبل عهد نيوتن بآلاف السنين ، ولكن ليست العبرة فى مجرد انجذاب التفاحة إلى الارض ، وإنما فى أن الأرض تجذب التفاحة وهى فى أعلى الشجرة ، وتجذبها ولو كانت فى رأس برج أو على قمة جبل شاهق . ولكن هل يمتد جذب الأرض للجسم إلى أبعد من ذلك ؟ هل تصل قوة جذب الأرض إلى الأجسام المنفصلة عنها التى قد تكون بقربها ؟ هل تجذب الأرض القمر مثلا ؟ وإذا كان ذلك كذلك ، فلم لا تكون قوة جذب الأرض للقمر هى القوة المركزية اللازمة



(شكل ٤٩) قطعة من شجرة التفاح الشهيرة التي جلس نيوتن تحتها

لجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض ؟ » .

فى مثل هذا فكر نيوتن ، إذ رأى التفاحة تسقط ، ولكنه أراد أن يختبر مبلغ ظنه هذا من الحقيقة ، فأجرى عملية حسابية بسيطة عن حركة القمر نحو مركز الأرض . ودله الحساب على أن هذه الحركة تشبه حركة الجسم الساقط من عل على سطح الأرض ، وأن القوة المؤثرة فى القمر والتى تجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض هى من نوع قوة جذب الأرض للأجسام الموجودة على سطحها ، إذا اعتبرت القوة متناسبة وعكس مربع البعد . وبما أن حركة الكواكب حول الشمس تتطلب أن تكون هذه الكواكب منجذبة نحو الشمس بقوة تتناسب وعكس مربع البعد أدرك نيوتن أن قانونه هذا ، وهو المسمى قانون التربيع العكسى ، قانون عام فى الجاذبية .

وهنا يلزمنا أن نذكر أن الكشف عن هذا القانون لم يتم فى الحقيقة بهذه الكيفية ولا بمثل هذه السهولة . فنيوتن لما أجرى أول مرة العملية الحسابية الخاصة بحركة القمر لم يجد نتيجتها تدل دلالة واضحة على صحة هذا القانون ، ولذلك أحجم عن نشر آرائه هذه مدة من الزمن ، وأعرض فعلا عن موضوع الجاذبية .

عودته الى الجامعة

وعاد إلى الجامعة فى كمبردج ليتم دراسته ، ولم يشأ أن يواصل بحوثه إلا بعد حصوله على درجة العالمية . وقد حصل عليها فعلا ، وكان ترتيبه فى كشف النجاح الثالث والعشرين . وهنا يحق لنا أن نتساءل فى دهشة لماذا لم يكن ترتيبه الأول مع ما وهبه الله من عبقرية ؟ وغاية ما يمكن قوله فى هذا الصدد إن نيوتن لم يكن يركز جهوده و يقصرها على مواد الامتحان ، بل كان يشغل نفسه بما هو أهم لديه من ذلك مما كان يراه أنفع له ولبحوثه الخاصة .

وأعجب الدكتور بارو ، أستاذ الرياضة إذ ذاك ، أيما إعجاب بمقدرة نيوتن ونبوغه فى العلوم الرياضية ، فرشحه لكرسى الأستاذية الذى يشغله هو ، وذلك لاعتزامه الاقتصار على اللاهوت . وبذلك أصبح نيوتن أستاذاً للرياضة وهو فى السادسة والعشرين من عمره . وكان على أستاذ الرياضة فى تلك الأيام أن يحاضر مرة كل أسبوع فى الفلك أو الجغرافيا أو البصريات ، فاختار نيوتن البصريات موضوعا لسلسلة محاضراته الأولى . وتضمنت هذه المحاضرات كثيرا من البحوث التى لم يسبقه إليها أحد ، ولكنه لم ينشرها إلا بعد أن اختير عضوا فى الجمعية الملكية بلندن بعد ذلك ببضع سنين .

ذهوله ونسيانه

وانصرف نيوتن انصرافا تاما لبحوثه ومؤلفاته لا يلهيه عنها شىء ، وشوهد فيه خلال ذلك شىء من الذهول وكثرة النسيان . فقد كان يلازم منزله أياما متواليات لا يطلب طعاما ولا شرابا و إنما يأخذ ما يقدم له كأنه لا يعى ما يفعل . و يروى الدكتور ستيوكلى ، وكان ألصق الناس به ، حوادث تدل على شدة انصراف نيوتن لبحوثه . فمنها أنه جاس مرة يتحدث عما شاهده فى الأوبرا ، فقال له نيوتن إنه لم يذهب إليها إلا مرة واحدة فى

حياته ، وإنه سر كل السرور بالفصل الأول من الرواية التي كانت تمثل ، وإنه قد عيل صبره في الفصل الثاني ، أما في الفصل الثالث فقد خرج من الأوبرا لا يلوى على شيء .

ويروى عن ذهوله وكثرة نسيانه حوادث شتى . منها أن صحبا له زاروه يوما ، فدخل حجرة مكتبه ليبحث لهم فيها عن شراب كان قد تركه فيها ، فنسى صحبه ومضى في بحوثه . ومنها أنه ركب جواده يوما عائداً إلى منزله فلما أراد أن يترجل لم يجد الجواد بل وجد نفسه ممسكا بالعنان فقط . ويقول ستيوكلى بشأن نسيانه ملابسه « إنه كان يخرج من منزله ويسير في الشارع إلى نهايته قبل أن يدرك أنه لم يرتد ملابس الخروج ، فيعود أدراجه إلى منزله وقد تولاه خجل شديد » .

وفي ذات يوم ذهب ستيوكلى لزيارة نيوتن وكان منهمكا كدأبه في حل مسألة . فانتظر ظنا منه أنه لا يغيب طويلا خصوصا وأن طعام الغذاء قد أعد فعلا والمائدة في الانتظار . ولكن زمنا طويلا مضى واستنفد صبر ستيوكلى . وكان الجوع قد بلغ منه مبلغه . فجلس إلى المائدة وأكل الدجاجة التي كانت معدة لنيوتن . وبعد فترة جاء نيوتن وحيّا صاحبه وجلس للطعام . فلما لم يجد إلا العظام ظن أنه نسى أنه تناول طعامه ، فنهض ثانية واستدعى صديقه إلى مكتبه .

وهذا في الواقع نوع غريب من الذهول ، ولعله ذهول العبقرية !

البرنسيبيا

وألف نيوتن كتابه « القواعد الرياضية للفلسفة الطبيعية » وهو المعروف باسم « البرنسيبيا » وهو المؤلف الذي ضمنه قانون الجاذبية وتطبيقه واستخراج النتائج التي يفضى إليها . وضمنه أيضاً بيان ما يحدث من التغير في شكل الكرة عند دورانها حول محورها ، وما يحدث في تأثير الجاذبية من التغير من جراء انبعاج الأرض ومن جراء دورانها حول محورها . وبين فيه كيف تقدر مدة دوران الكوكب حول محوره إذا عُرف شكله الظاهرى أي مقدار انبعاجه . وبين كيف أن جذب كل من الشمس والقمر للجزء المنبعج من الأرض يترتب عليه تغير اتجاه محور دورانها ، وعلل بذلك ظاهرة مبادرة الاعتدالين ،

و يبين أيضا كيف ينشأ عن جذب القمر والشمس لمياه البحار ظواهر المد والجزر .

وحدث أن ثلاثة من أعضاء الجمعية الملكية بلندن وهم رن وهوك وهالى أخذوا يبحثون فى موضوع قانون التربيع العكسى ، وحاولوا جميعا أن يوجدوا مسير جسم يتحرك عند ما يكون منجذبا إلى نقطة بقوة تتناسب وعكس مربع البعد بينهما ، ولكنهم لم يوفقوا إلى حل ما . فقصد أصغرهم سنا ، وهو هالى ، إلى نيوتن فى كمبردج ليشركه فى البحث معهم ، فأخذته الدهشة كل مأخذ إذ وجده قد سبقهم إلى حلها . ولما أرسل نيوتن مسوداته إلى هالى وحملها هذا إلى أعضاء الجمعية الملكية طلبوا من نيوتن أن يأذن بنشرها ، فسمح لهم بذلك ، وكلفوا هالى مباشرة طبعها . ولم يكد يتم طبع الجزء الأول حتى قام هوك ينسب إلى نفسه الفضل فى الكشف عن هذا القانون . فحدث بينه و بين نيوتن جفاء كان سيؤدى إلى وقف طبع الكتاب لو لم يمض هالى فى السعى والإلحاح .

ولا نبالغ إذا قلنا إن كتاب نيوتن هـذا أحدث رجة فى أوروبا كلها لا فى انجلترا وحدها ، فقد كان كتابا فذا فى الرياضيات والفلسفة الطبيعية . ولم يكن أغرب ما فيه أن الشمس تجذب إليها الكواكب السيارة ، بل إن كل كوكب سيار يجذب الشمس أيضاً بقوة تعدل جذبها إياه . و إن الكون كله غاص بأجرام تدأب على السقوط باستمرار فى رحاب الفضاء ، أى أنه مملوء بأجسام ساقطة . و إن كل الأشياء التى فى الكون تتجاذب ، يتساوى فى ذلك النجم الكبير بالهباءة المتناهية فى الصغر .

ولعل أخطر ما فى أعمال نيوتن العلمية الجليلة كشفه عن قانون الجاذبية ، ثم تعميمه حتى شمل السموات والأرض وجميع الجسوم من الهباءة الصغيرة إلى النجم الكبير . ومضى العلماء يحققون هذا القانون فتبين لهم أنه يعلل حركات الكواكب حول الشمس ، وزادوا على ذلك أنهم أجروا تجارب عملية تدل على صحته رأسا . وأصبح قانون الجاذبية هذا من بعد نيوتن أساساً لعلم الفلك الحديث ، وكان سبباً فى كشوف فلكية عدة ، تنبأ بها البحث النظرى أولا ثم أظهرتها المناظير الحديثة .

مبتكراته فى الرياضيات

ولقد مر بنا أن نيوتن نبغ فى العلوم الرياضية نبوغا لفت إليه الأنظار ، فقد وضع فى علم الجبر النظرية الشهيرة باسمه وهى النظرية ذات الحدين المعروفة ، ثم فكر فى مسائل أخرى أدت به فى النهاية إلى وضع فرع جديد من علم الرياضة يعرف الآن بحساب التفاضل والتكامل . وقد أدى ظهور هذا الفرع الجديد من علم الرياضة إلى تقدم كبير محسوس فى الكشوف الطبيعية والفلكية الحديثة . وادعى الفيلسوف الرياضى الألمانى ليبنز أنه صاحب الفضل فى وضع أساس حساب التفاضل والتكامل هذا . وقام ذلك النزاع الجديد بين نيوتن وليبنز ، ولم تكن وطأة الشقاق الذى حدث بين نيوتن و بين هوك بخصوص الكشف عن قانون التربيع العكسى قد خفت ، وكان هذا النزاع الحديث أشد حدة من سابقه . و يكفى أن نقول إن الأوان كان قد آن لظهور هذا الكشف الجديد ، و إن نيوتن والفيلسوف الألمانى قد وهبا من الذكاء والعبقرية ما يسمح لكل منهما أن يدعى لنفسه أنه واضع أساس هذا العلم . ولكن الواقع أن نيوتن كان أسبق من زميله ، غير أن تهاونه فى الإسراع بنشر ما كان يعثر عليه هو الذى جر عليه هذه المتاعب . على أننا من جهة أخرى لا ننكر على ليبنز فضله فى تدوين مصنفات العالم بسكال الرياضية ، و إلا لكان نصيبها الضياع .

ومما هو جدير بالذكر أن كتاب البرنسيبيا كتب باللاتينية ، ولكى يكون أقرب إلى الفهم وضعه نيوتن على نمط كتب الإغريق فى علم الهندسة . وكان نيوتن يتبع فى براهينه الرياضية التى ضمنها كتابه هذا طريقة التفاضل والتكامل الجديدة التى وضع أساسها هو نفسه ، إلا فى البراهين الخاصة بكشوفه فى الجاذبية فإنه لم يشأ أن يضجر قراءه بطريقته الجديدة التى ما كان يفهمها إلا المتعمقون فى العلوم الرياضية .

نيابته ثم توظفه

واضطر نيوتن بعد نشره كتاب البرنسيبيا إلى الظهور بعد الاعتكاف ولكنه « كان على وجه عام أحسن حظا من كثير من علماء « الطبيعة » فى عصره أو فى الجيل الذى

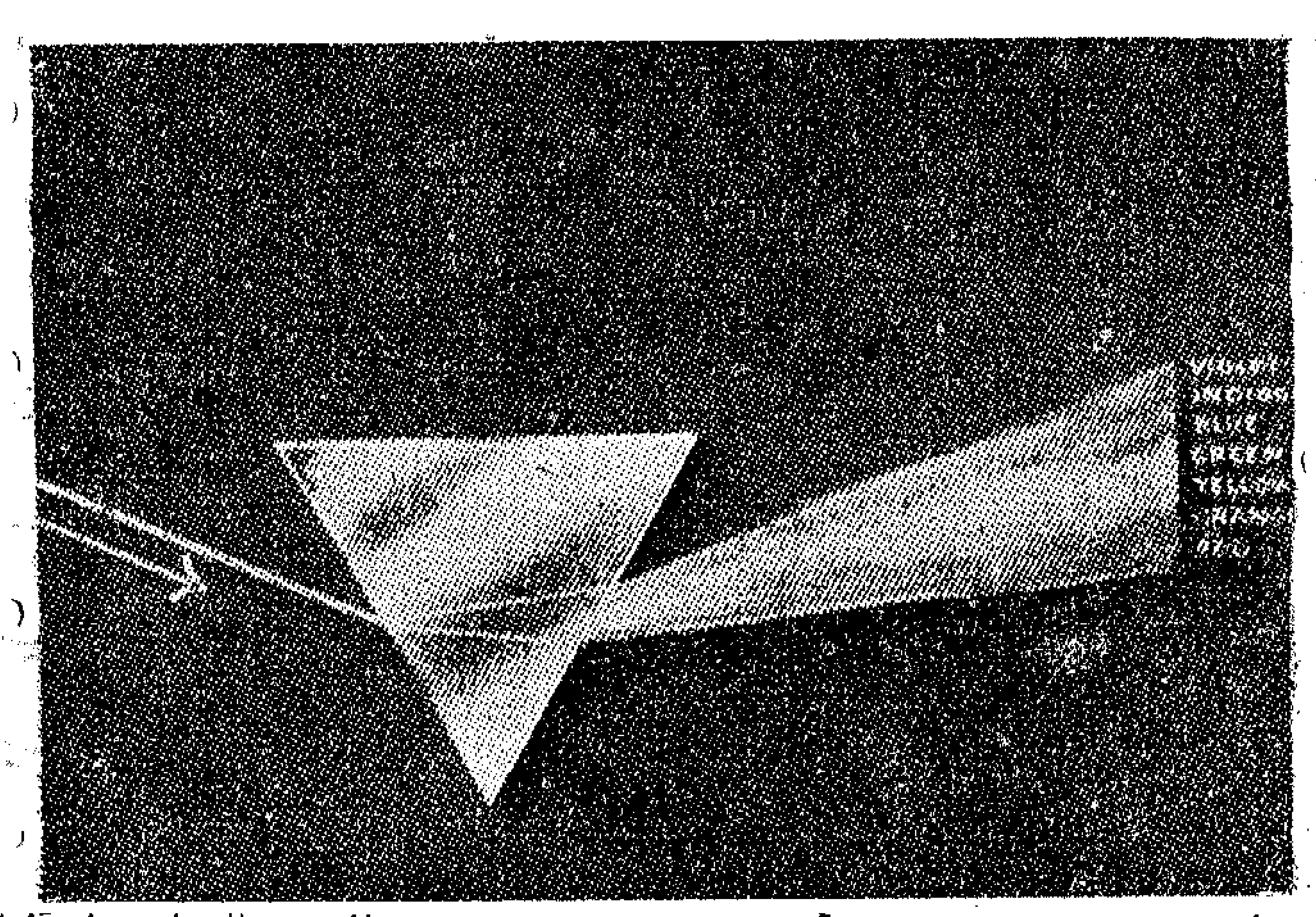
سبقه فى أوروبا . فلم يلق مثل ما لاقى غاليليو مثلا من الاضطهاد بل وجد من أهل وطنه كل الإكرام ، فانتخبوه إكراماً له عضواً فى البرلمان ، وقيل إن دار النيابة لم تسعد بسماع صوته وهو يخطب أو يناقش فى موضوع ما . ولما أصابه إبان هذا العهد شىء من عسر ذات اليد سعى له بعض ذوى النفوذ حتى عينه وليم الثالث ملك انجلترا عند تبوئه عرش المملكة رئيسا لدار سك النقود بمرتب قدره ١٢٠٠ جنيه ، وبهذه الكيفية انخرط فى سلك الموظفين ، وأخذ يقوم بتأدية الأعمال المملة التى تقتضيها حياة الموظف ، ولكنه كثيرا ما كان يشتغل فى أوقات فراغه بحل المسألة العويصة التى كان يعجز رياضيو العالم عن حلها . وانتخب نيوتن رئيساً للجمعية الملكية ، ولبث فى الرياسة أربعاً وعشرين سنة ، ولا تزال صورته معلقة فوق كرسى الرياسة إلى وقتنا الحاضر . ويجله أهل وطنه إجلالا كبيراً ، ومنهم من يعده ذا أكبر عقل ظهر فى الوجود ، ولا يزالون محتفظين ببعض مخلفاته » .

ولا يزال مقامه العلمى هذا موضع إجلال العلماء وإكبارهم إلى يومنا . وقد رأى علماء الرياضة فى العالم سنة ١٩٢٧ أن يحجوا إلى قرية جرانثام ليؤدوا واجب الاحترام للعبقرى والعبقرية . وهذا وحده دليل على أن شهرته العظيمة العالمية هذه شهرة هو أهل لها وجدير بها . ويروى عن فولتير أنه كان يزهى بقضائه بعض الزمن « فى بلاد دفن فيها أحد أساتذة الرياضة مبجلا معززاً كما يدفن ملك عظيم عم خيره رعاياه أجمعين ، لا لشىء إلا لأنه كان عظيما فى علمه وعمله » .

بحوثه فى الضوء

على أن كشوف نيوتن فى البصريات لا تقل أثراً عن كشوفه الأخرى فى الفلك والرياضة . فهو الذى كشف أن الضوء الأبيض ليس بسيطا ، بل مركبا من جملة ألوان مختلفة ، وأن هذه الألوان تختلف قابليتها للانكسار بالنسبة لوسط واحد كالزجاج مثلا ، فتنفصل حينئذ عندما تمر فى ذلك الوسط لأنه يكسرها بمقادير مختلفة ، ويظهر الأحمر فالبرتقالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلى فالبنفسجى ، وأن أكبر هذه الألوان قابلية للانكسار هو اللون البنفسجى وأقلها هو اللون الأحمر . وتلك الألوان هى ألوان الطيف

الضوئى ، وترى فى قوس قزح . وقد حقق نيوتن هذا أيضاً بضم ألوان الطيف إلى بعضها وتكوين الضوء الأبيض عن طريق استقبال الطيف المتكون بوساطة المنشور الزجاجي على منشور آخر مماثل له ومساو له فى الزاوية ، وموضوع بالقرب منه فى وضع مضاد للوضع الأول . وحقق ذلك أيضاً عن طريق القرص المعروف باسمه ، وهو قرص من الورق المقوى



(شكل ٥٠) شعاع الضوء الأبيض ينحل بعد مروره من المنشور الزجاجى إلى ألوانه السبعة : الأحمر فالبرتقالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلى فالبنفسجى مأخوذة من أسفل إلى أعلى .

منقسم إلى أربعة قطاعات متساوية . وكل من هذه القطاعات ينقسم إلى سبعة أخرى ملونة على الترتيب بألوان الطيف . فإذا أدير هذا القرص بجهاز ميكانيكى خاص فإنه يظهر للرائى أنه ملون جميعه باللون الأبيض الرمادى ، وذلك لأن التأثير الذى يحدثه فى العين أحد الألوان التى على القرص وهو فى وضع معلوم يبقى مدة من الزمن بعد انتقاله من ذلك الوضع . فأثناء إدارة القرص بسرعة تتأثر العين فى آن واحد بجميع ألوان الطيف ، وينشأ من ذلك أن ترى العين لوناً مائلا للبياض .

النظرية الموجية

أما عن كنه الضوء فالنظرية الموجية كانت السائدة إذ ذاك ، وكان هوك العالم الطبيعى الإنجليزى من أسبق القائلين بها ، وإن تكن لم تتقدم على يديه تقدماً يذكر .

« وأول خطوة جدية خطاها العلم الطبيعى فى سبيل هذه النظرية جاءت حوالى سنة ١٦٧٨ عند ما قدم هيجنز إلى الأكاديميه الفرنسية رسالة فى هذه النظرية تتضمن القاعدة المعروفة باسمه ، وقد نشر هيجنز هذه القاعدة وتطبيقها على الضوء فى كتاب له فى هذا العلم نشر سنة ١٦٩٠ » .

وقد اعتبر هيجنز الشعاع الضوئى خطا عموديا على صدر الموجة الضوئية يدل على اتجاه انتقالها . وشرح بذلك ظاهرتى الانعكاس والانكسار ، وخطت النظرية الموجية بفضله خطوات واسعة . ولكنها على الرغم من ذلك صادفت عقبات أهمها أنها « تتطلب وجود وسط تحدث وتنتشر فيه الموجات . وتتطلب أن يكون هـذا الوسط عاما يشمل أرجاء الكون . وظن فى ذلك العهد أن وجوده لا بد أن يفضى إلى حـدوث قوة تقاوم حركة الكواكب والأجرام الأخرى المتحركة ، ولكن لم يكن ثمت دليل على وجود مثل هذه القوة المقاومة » .

نظرية الدقائق

أما النظرية التى تمسك بها نيوتن وعارض بهـا النظرية الموجية فتعرف « بنظرية الدقائق » وهى تعتبر الضوء دقائق متناهية فى الصغر تصدر عن الجسم المضىء ، وتتحرك فى الأوساط المتجانسة بسرعة كبيرة فى اتجاه مستقيم . وطبقهـا نيوتن على جميع الظواهر الضوئية من انعكاس وانكسار وغير ذلك . وقد لاقت هذه النظرية صعوبات ليست هينة ولكن أصبح لهـا بفضل مكانة نيوتن العلمية وقوة حجته المقام الأول فى القرن الثامن عشر و بضع السنوات الأولى من القرن التاسع عشر . ولم تجد النظرية الموجية إبان ذلك غير نصير واحد هو أويلر العالم الرياضى السويسرى الشهير ، « فقد تمسك بها فى رسائل كتبها لإحدى أميرات ألمـانيا ، شرح فيها المبادئ الأساسية فى الميكانيكيات والبصريات والسمعيات وعلم الفلك ، ولكن لم يعبأ أحد برأيه . ونقلت هذه الرسائل إلى الألمانية فى أواخر القرن الثامن عشر . فرأى الناقل الألمـانى ضرورة تحذير قرائه من النظرية الموجية التى يقول بها أويلر ، ولفت نظرهم إلى أنها منبوذة لدى مشهورى علماء الطبيعة (الفيزيقا) فى ذلك العصر » .

الكفاح بين النظريتين

وبدأ بين النظريتين منذ ذلك العهد صراع عنيف كان يزداد حدة كلما عثروا على كشف جديد فى الضوء . ولكن الغلبة كانت فيما بعد للنظرية الموجية ، وبقى على الرغم من ذلك نفر قليل من العلماء على معارضتها ، نذكر منهم لورد براوم فقد قال : « إن هذه النظرية ليست معقولة وليست منطقية ، وهى بدعة تعوق تقدم العلم » ومنهم بروستر الذى قال : « إنه يجل الخالق عن أن يلجأ من أجل إحداث الضوء إلى ملء العالم كله بالأثير » وهو الوسط المفترض لسريان الموجات فيه . ولكن ما جاء منتصف القرن التاسع عشر إلا و بطلت نظرية الدقائق وخلا الجو بعد ذلك للنظرية الموجية وحدها .

جاء فى كتاب « كبار علماء الرياضة » لمؤلفه ترنبول ما يأتى :

« من العدل أن نقرن بنيوتن زميله الفيلسوف الطبيعى الهولندى هيجنز الذى كان على صلة تامة بعلماء انجلترا العلميين ، والذى كان له فضل الوصول بهم إلى كشوفهم العجيبة ، فقد كان عمله فى علم الفيزيقا كبيراً جداً بحيث غطى على علمه فى الرياضيات . وهو قد وصل إلى نتائج كبيرة قيمة فى علم التفاضل والتكامل ، وعلى الأخص فيما له علاقة بالظواهر الميكانيكية وذبذبات البندول ، وشكل الخيط المعلق ، وما إلى ذلك . ولكن شهرته الحقيقية جاءته عن طريق نظريته الموجية فى الضوء . فهذه النظرية قد جاءت حداً فى التاريخ ، واكتسبت أهمية لأنها دفعت بجاذبية نيوتن إلى هجوع هادئ عميق . فالضوء فى نظر نيوتن جسيمات صغيرة كثيرة تسبح فى خطوط مضيئة ، أما فى نظر هيجنز فإنه ينتشر على شكل موجات . وقد ظهر فيما بعد أن الثانية من هاتين النظريتين المتنازعتين هى الأقوم ، فهى لم تحل فقط كثيراً من المشكلات البصرية ، بل استجابت أيضاً لكثير من الآراء فى النظرية الكهرطيسية أى الكهربائية المغناطيسية . ولقد تداعت الظواهر الطبيعية واحدة فأخرى داخل إطار هذه النظرية الموجية ، وبقيت الجاذبية وحدها لا تستطيع النظرية أن تمسها فكانت بذلك الظاهرة الطبيعية الوحيدة المستثناة . ولكن هذا المسلك غير الموجى قد حير نيوتن نفسه حيرة ممضة . على أنه كان

كلما ازداد لغز الجاذبية استعصاء زاد تطلع العلميين إلى حله وشرحه . وأخيراً وضع أينشتاين الأمور فى نصابها حيث حل المسألة بشجاعة ، وذلك بطمره الجاذبية فى منسوج من الفضاء والزمن .

« على أنك تخطئ إذا ظننت أن ذلك قد أفسح المجال للنظرية الموجية . فهناك عقبات تجمعت فى هدوء وفى غير تطفل ، وظهرت من جديد أدلة وحجج تؤيد نظرية الدقائق الضوئية التى يقول بها نيوتن . ولم يصل العلماء بعد إلى قرار يحسم الأمر بين الاثنين . والظاهر أن القول الفصل بخصوص نظريتى نيوتن وهيجنز سيكون لنظرية الكم والميكانيكا الموجية » .

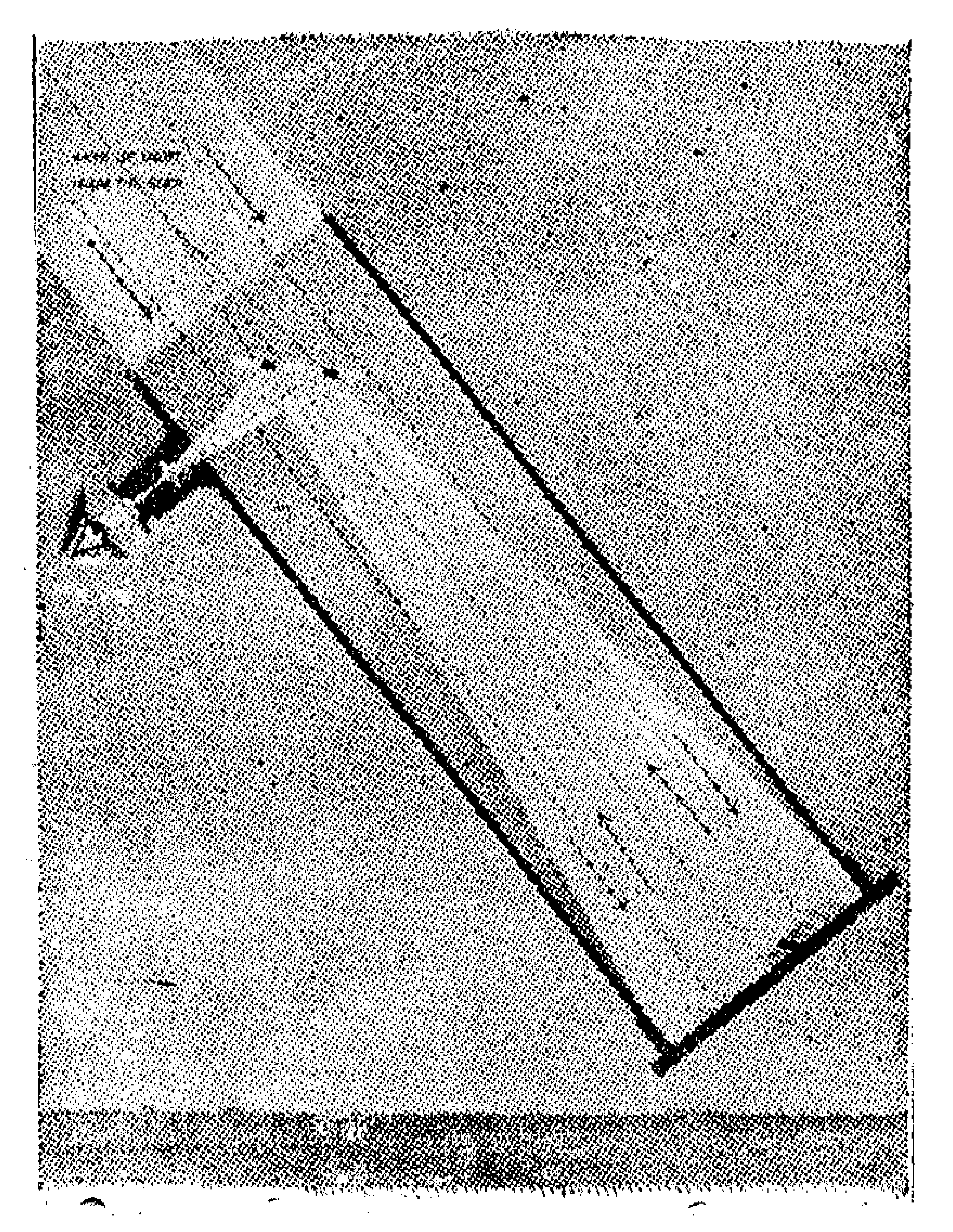
وهاتان النظريتان هما أحدث ما وصل إليـــه العلماء فى وقتنا الحاضر من البحوث الرياضية الفيزيقية . وقد شرحنا هذا كله فى كتابنا «الفيزيقا الحديثة» فليرجع إليه من أراد .

ولا يسعنا أن نهمل الكشوف الجديدة فى العلم الروحى الحديث ، فقد أثبتت بشكل عملى وجود الأثير والعالم الأثيرى وسكانه ، وذهبت إلى أن الأثير هو الأصل فى الكون كله . يقول العلامة ج . آرثر فندلاى رئيس المعهد الدولى للبحث الروحى بلندن فى كتابه « على حافة العالم الأثيرى » ، الذى كان لنا شرف نقله إلى العربية ما يأتى :

« ما المادة إلا أثير فى حالة خاصة . والأثير كله مادة فعلا ، والمادة كلها أثير فعلا . أما المادة الفيزيقية التى تدركها حواسنا فهى ذلك الجزء من الأثير الذى يهتز فى دائرة معينة . وفى هذا الكتاب قد فرقت بين المادتين : المادة الفيزيقية من جهة ، وهى المادة التى نحس بها ، والمادة الأثيرية من جهة أخرى ، وهى المادة التى لا تدركها حواسنا . ولكنها على الرغم من أن حواسنا لا تدركها ليست بعيـدة عن متناول أفهامنا لدرجة ما على الأقل . والواقع أن فهمنا إياها قد تزايد كثيراً فى السنين الأخيرة حتى لقد أصبح العلم الفيزيقى اليوم يتجه بكلياته إلى القول بأن الأساس البنائى للكون هو المادة الأثيرية ، لا تلك المادة الفيزيقية » .

المنظار العاكس

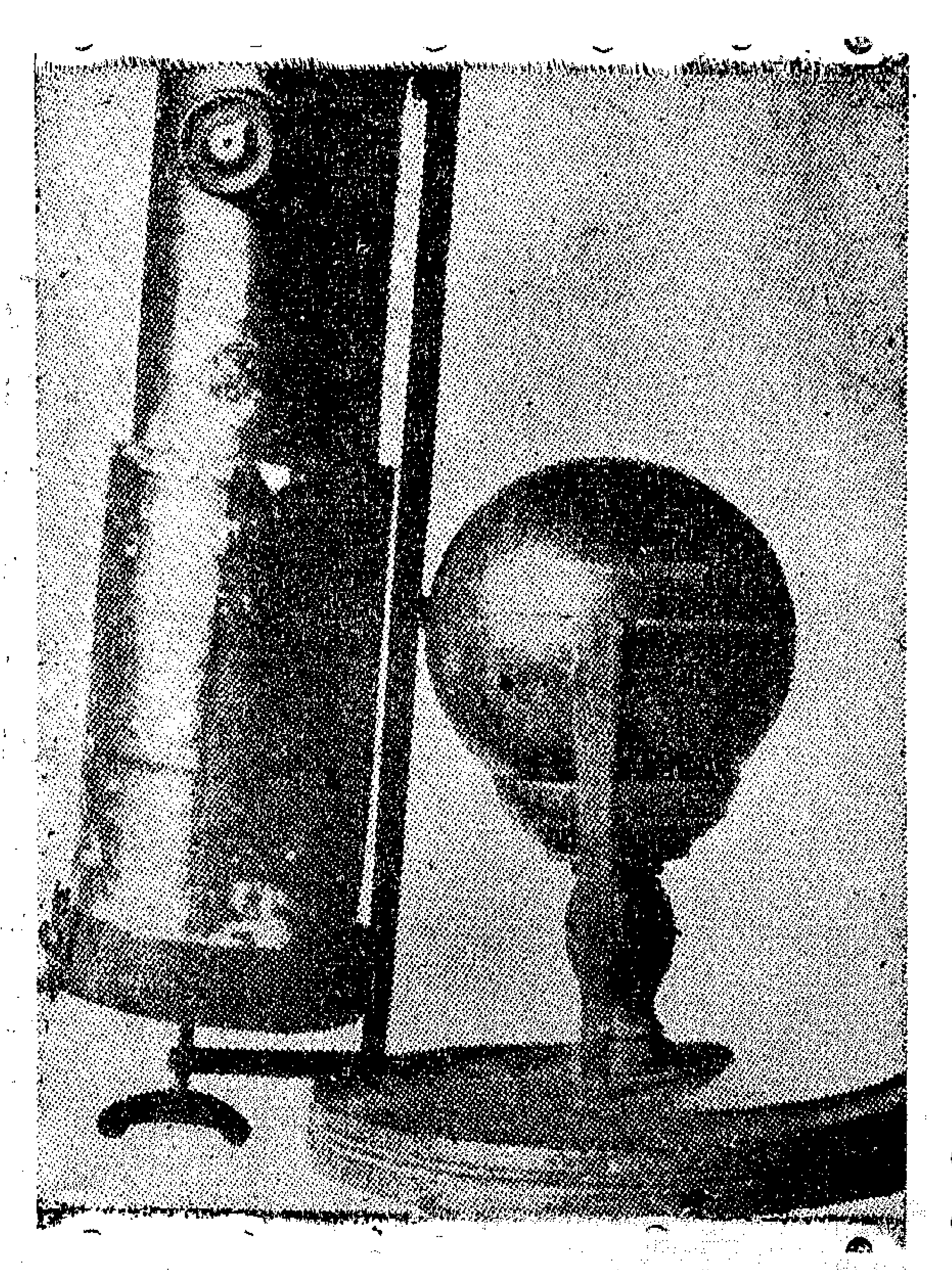
ولم تقف بحوث نيوتن وكشوفه فى الضوء عند وضعه نظرية الدقائق ولا عند تحليل الضوء ، ولكنه اخترع المنظار العاكس ، وفى هذا المنظار يستثبت الضوء الصادر من النجم البعيد بوساطة مرآة معدنية مقعرة ، ثم ترى صورة النجم من خلال العدسة العينية . وتصنع المرايا اللازمة للمناظير العاكسة من فلز خاص ، وتستلزم مجهوداً شاقاً فى إعدادها وقد كان لهذا المنظار العاكس فضل كبير فى تقدم علم الفلك الحديث . واستخدمه الفلكى الشهير وليم هرشل فى أواسط القرن التاسع عشر ، فكشف به كثيراً من حقائق علم الفلك الحديث .



(شكل ٥١) أساس المنظار العاكس الذى اخترعه نيوتن .

مرضه ومماته

ومرض نيوتن وهو فى الثانية والأربعين من عمره مرضاً شديداً ، كان مرتقباً نظراً للمجهود العقلى العظيم الذى كان يبذله دون أن يأخذ قسطه اللازم من النوم ومن الطعام . ويقال إن مرضه نشأ من حزنه على ضياع مخطوطات قيمة كان كتبها ثم التهمتها النار فى الحريق الذى حدث فى معمله . ويروى الرواة لذلك قصة طريفة خلاصتها أنه كان لنيوتن كلب اسمه ديامند ، يعنى ماس (ألمظ) . ففى ذات يوم غادر حجرته تاركا فيها كلبه

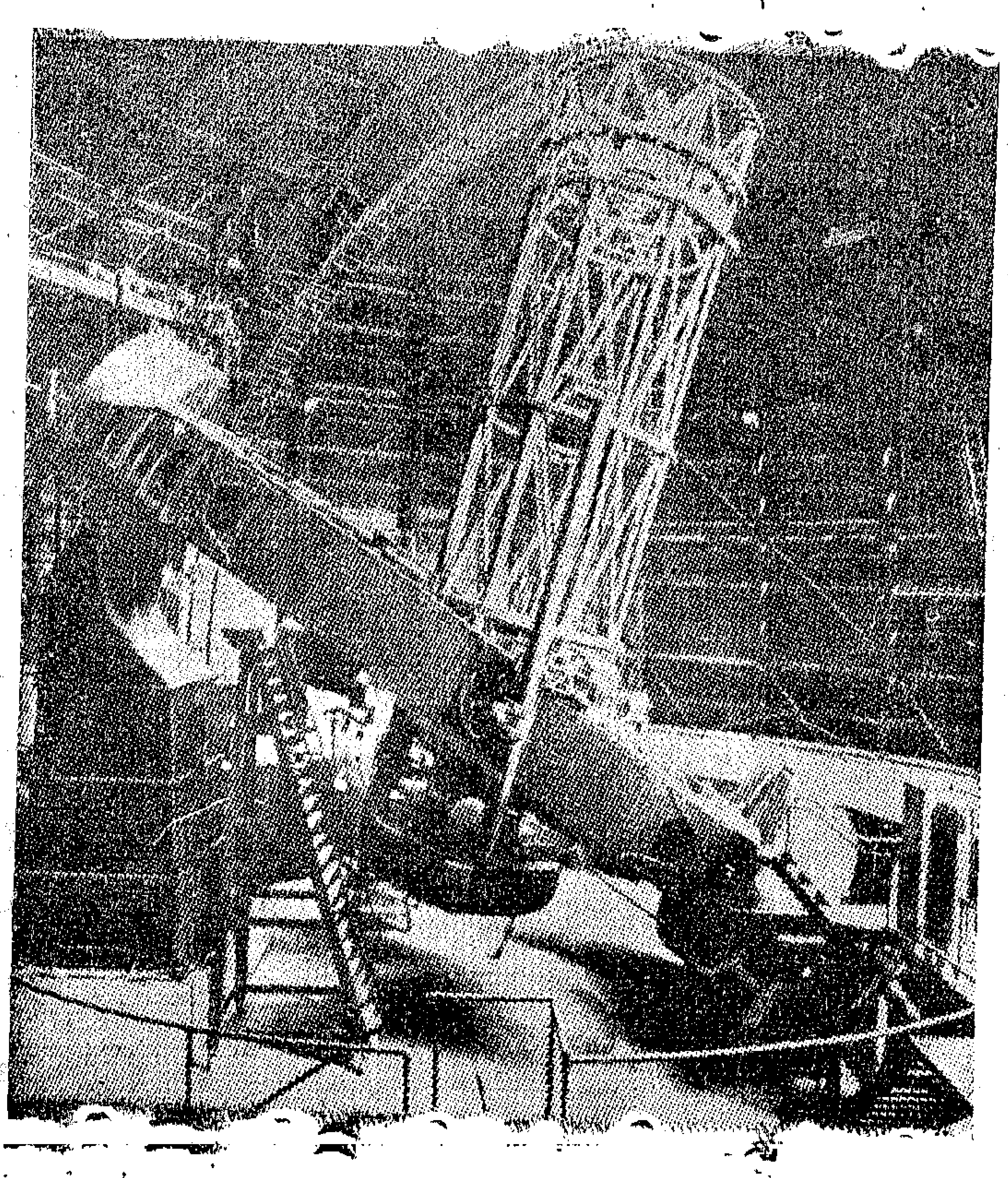

(شكل ٥٢) منظار نيوتن

هذا دون أن يراه . فلما عاد وجد أن الكلب قلب المصباح الموضوع على مكتبه ، فأمسكت النار بأوراق كان كتب فيها خلاصة لتجارب جديدة أجراها ، فلم تتركها إلا رماداً . وعز عليه أن تضيع ثمرة جهوده على هذه الصورة ، وتملكه حزن شديد . ويقال إنه حينما عرف ما أصاب أوراقه اكتفى بأن قال : « إنك لا تعرف يا ديامند ماذا جنيت من شر علىّ » . وأمضه الحزن وساءت صحته ، ويقال إن هذه الحادثة قد أثرت فى أعصابه ، وأفقدته حجاه زمناً ما .

وعاش نيوتن طوال عمره أعزب ، وينسب البعض ذلك إلى حالته المالية . ويروى عنه أنه وهو صغير أثناء إقامته فى منزل الصيدلى فى جرانثام كانت تقيم بجواره ومعه فى المنزل بنات كثيرات ، فكان يمازحهن ويصنع لهن كثيراً من اللعب . وظلت إحدى هؤلاء البنات صديقة لنيوتن طيلة عمره ، وكان اسمها ستورى . تزوجت مرتين ونيوتن لا يتزوج . ويروى عن هذه أنها قالت لأحد أصدقاء نيوتن إن نيوتن كان يريد أن يتزوجها لولا فقرها من جهة وضآلة دخله من جهة أخرى .

ومات نيوتن بعد أن عمر خمساً وثمانين سنة ، وكانت وفاته فى اليوم العشرين من

شهر مارس سنة ١٧٢٧ ، وكان قد رأس جلسة الجمعية الملكية بلندن قبل وفاته بثمانية عشر يوماً ، ثم انتابه مرض الموت فى اليوم التالى لذلك . وعلى ذلك فمرضه الأخير لم يستغرق ثلاثة أسابيع كاملة . ولقد قاسى فى مرضه هذا كثيراً من الألم ، ولكنه احتمله دون توجع أو شكوى . ودفن فى مقبرة العظماء فى وستمنستر أبى ، وهناك على قبره وضعت لوحة تذكارية . وفى خلال مرضه هذا حدثه بعض صحبه عن مكانته العالية وشهرته العلمية العالمية . فقال : « لست أعرف ما يقوله الناس فىّ ، ولكنى فى نظر نفسى لا أعدو الصبى الصغير الذى يلعب على الشاطئ و يتلهى الفينة بعد الفينة بإيجاد حصوة أكثر نعومة من الحصى العادى أو صدفة أزهى وأجمل من الصدف المعروف ، وأمامه ذلك البحر العظيم — بحر الحقائق — الذى خفى أمره عليه » .



(شكل ٥٣) منظار مرصد جبل ولسن بأمريكا

ولما مات نيوتن أنشأ الشاعر الإنجليزى الشهير بوب بيتاً من الشعر ، وكتبه فوق لوحة من الحديد دقت فى أحد جدران الحجرة التى ولد فيها نيوتن . وإليك ما قاله بوب :

« لقد أحاط بالطبيعة وقوانينها ظلام دامس ، فلما قال الله ليكن نيوتن ظهر المكنون واستبان الخفى المستور » .

وظل نيوتن محتفظا بحدة ذهنه طيلة أيامه كلها ، ويروى أنه وهو فى الخامسة والسبعين من عمره تلقى مسألة رياضية بعث بها ليبنز إلى انجلترا يختبر علماءها ، وكانت من أعوص المسائل الرياضية التى لا يدركها إلا الراسخون فى العلم . وتسلم الرسالة فى الساعة الخامسة بعد الظهر ، أى بعد أن قضى نهاره فى عمله فى دار سك النقود . فاستطاع وهو فى هذه السن المتقدمة أن يحل المسألة التى وضعها كبير علماء الألمانيين فى الرياضيات إذ ذاك .

وعاش نيوتن زمنا تناوب فيه الحكم ستة من ملوك انجلترا وملكاتها . فقد ولد قبل أن تطيح رأس شارل الأول بيد الجلاد ببضع سنين ، ورأى حكم شارل الثانى ، ولم يكن حكما مجيداً ، وكذلك فترة الاصلاح أى مدة قيام كرومويل ، وكذلك حكم وليم ومارى ، وقد حضر حفلة تتويجهما ، ثم الاثنتى عشرة سنة وهى مدة حكم الملكة آن التى رفعته إلى طبقة الأشراف ، ومنحته لقب سير لمناسبة زيارتها كمبردج ، وحضر كذلك حكم جورج الأول الذى كان نيوتن من أظهر رجال بلاطه ، أما جورج الثانى فلم يكد يمضى على تسنمه ملكه العظيم الناجح سنة واحدة حتى قضى نيوتن نحبه .

والمعروف أن الملكة كارولين زوجة جورج الثانى كانت تميل إلى العلوم ، ويقال إنها لما كانت أميرة الغال كانت تعرض على نيوتن ما تلاقيه من المسائل الصعبة « التى لم يكن يستطيع أحد غيره أن يجيب عنها الإجابة التى ترضاها هى وتقنع بها » ، ولطالما كانت تتحدث فى مجالسها معلنة أنها تعد نفسها سعيدة لأنها عاشت فى زمن وجد فيه مثل هذا الرجل العظيم ، ولأنها تجاذبت معه أطراف الحديث .

وهكذا فليكن الملوك والعلماء .

ونختم هذا الحديث بكلمة قالها ايفورهارت فى كتابه المسمى « كبار علماء الفيزيقا » وهى

« لقد سادت آراء نيوتن ونظرياته فى علم الفيزيقا عالم العلوم إلى يومنا ، وقد رفع بها نيوتن صولجانا يشبه ذلك الصولجان الذى رفعه أرسطو من قبل . أما ذلك التنازع الذى ظهر حديثاً فى بحوث العلامة اينشتاين فإنه لا ينقص بأية حال من قدر نيوتن ولا من شهرته ، وسيظل نيوتن أبد الآبدين فى سجل التاريخ علما من الأعلام ، وسيكون فى نظر التاريخ أكبر مساهم فى تقدم المدنية الحديثة » .

الفصل العاشر

مخترع الآلة البخارية

ساد الاعتقاد طويلا بأن مخترع الآلة البخارية إنجليزى اسمه جيمس وات . والحقيقة أن الطبيب الفرنسى دنس بابن هو الذى اخترعها حينما كان فى ألمانيا ، ثم وضعها فى كتاب له نشره فى انجلترا خلال سنى إقامته فيها . توثقت بينه و بين العالم الهولندى هيجنز عرى الصداقة ، وساعده فى إجراء تجارب على مفرغة الهواء ، وكان هيجنز مشغولا باختراعات أخرى ، فسره أن يجد له مساعداً شاباً كدنس بابن يقوم له بإجراء التجارب التى لا يتسع وقته هو لإجرائها .

أدخل بابن جملة تحسينات على مفرغة الهواء . منها الصنبور ومنها ذلك الناقوس الزجاجى الذى يوضع فوق قرص المفرغة المسطح بعد أن تدهن حافته بالشحم حتى لا يقتحمه الهواء من أسفل . وفى وسط هذا القرص فتحة منها يفرغ الهواء ويدفع إلى الخارج . ولقد سهل ذلك سبيل إجراء التجارب المختلفة على مختلف الأشياء . وكل ما فى الأمر أن يرفع الناقوس ثم يرد بعد أن يوضع فوق القرص الجسم المراد إجراء التجارب عليه .

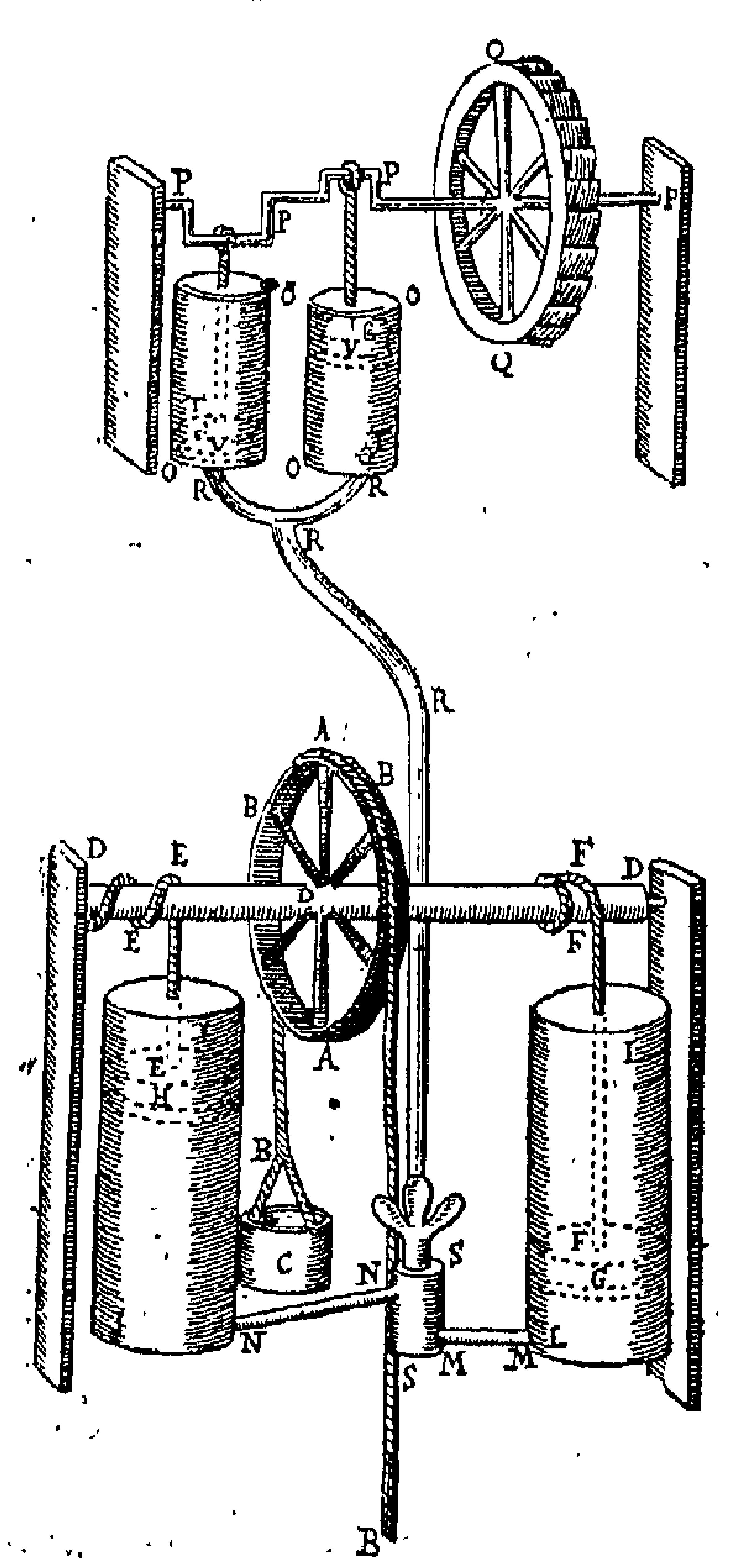
ولقد شرح بابن هذه التحسينات سنة ١٦٧٤ فى كتاب صغير ألفه وسماه : «التجارب الجديدة على الفضاء الخلاء مع شرح الآلات التى تحدثه» . وقد أهدى كتابه هذا إلى أستاذه هيجنز ، وكتب إليه يقول :

« هذه هى تداريبك أنت ، أجريتها كلها بوحيك وإرشادك . وإنى لأعلم أنها ما كانت منك إلا فكاهة ولهواً ، فلم تشأ لذلك أن تدونها ولا أن تنشرها . ولذا فإنى واثق كل الوثوق من أنك لا تكترث لنشرى إياها ولا تهتم له » .

و بعد ظهور كتاب بابن بعشر سنين عينته الجمعية الملكية بلندن مهذباً للتجارب . وكانت مهمته إجراء التجارب أمام أعضاء الجمعية بعد تهذيبها .

مضخة بابن

وكان بابن شديد الاهتمام بالمناجم وبمسألة رفع الماء من جوف المنجم ، وكان الماء يرفع إذ ذاك بالأيدى فى دلاء مربوطة بالحبال كما يرفع الماء من بعض الآبار فى أيامنا . ففكر بابن فى ذلك ، إلى أن هداه تفكيره إلى إنشاء طاحونة مائية يديرها جدول ماء . ولكن هذه الطريقة لا تجدى إلا إذا وجد جدول ماء قريب من المنجم . غير أنه وضع تصميما لطريقة ينتقل بها الماء بسهولة إلى أعلى فتحة المنجم . فالطاحونة المائية تحرك مكبسين فى اسطوانتين متصلتين بماسورة طويلة . ويضغط المكبسان الهواء ويدفعانه خلال الماسورة حتى يصل إلى المنجم حيث توجد عجلة كبيرة أو بكرة يمر عليها حبل يحمل دلوين فى طرفيه . ولف على محور هذه البكرة حبلان آخران ثبت طرفاهما فيه ، وعلق فى الآخرين مكبسان يتحركان فى اسطوانتين تتصلان بماسورة الهواء المضغوط . فى مبدأ الأمر توصل اسطوانة بالماسورة فينخفض الدلوان على التناوب . ثم يفتح صنبور يصل الاسطوانة الأخرى بالماسورة فيرتفع الدلوان على التناوب أيضاً بعد أن يكونا قد ملئا ماء (أنظر إلى صورة مضخة بابن) .



(شكل ٥٤) مضخة بابن لرفع الماء من المناجم ، وتديرها طاحونة مائية تظهر بأعلى الصورة

وكان لهذا التعديل أثره ، فأدخل فى المضخة التى تشغل باليد ، وهى المضخة الماصة ، ولكنه لم يكن كافياً ، إذ أنه يصبح عديم الجدوى إذا ما جف ماء الجدول صيفاً أو تجمد شتاء . أضف إلى هذا أن تلك المضخة لم تكن متقنة

تماماً فاخترع بابن آلة أخرى أوفى بالغرض سماها المضخة المركزية الطاردة ، وهى لا تزال تستعمل إلى يومنا . وتتألف هذه المضخة من صندوق مستدير يحتوى على طارة تدير الماء . ويدخل الماء فى الصندوق من مركز الطارة ، ويتسرب عندما تدور الطارة من ماسورة جانبية فى الصندوق . وحاول بابن أن يستخدم هذه المضخة فى رفع الماء ، ولكنه لم يجد آلة يحركها بالسرعة الملائمة ، ولم يحصل على هذه الآلة ، إلا بعد أن اخترع الآلة البخارية .

محاولات بابن

ومكث بابن سنين يحاول اختراع الآلة البخارية ، ولكن ضاعت جهوده كلها ، ولم يصل إلى طلبته . غير أنه فى غضون هذه السنين أوصلته بحوثه فى سبيل اختراع الآلة البخارية إلى اختراع عدة آلات أخرى .

فمن هذه الآلات القارب الغوّاص . وقد كان در بل أول من اخترع ناقوساً للغوص يتحرك تحت الماء ، ويقال إنه غاص به فى نهر التاميز فترة طويلة ، حيث اختفى فى الماء فى مكان ما ، ثم طفا بعدئذ فى مكان آخر بعيد . وبعد أن مضى على حادث در بل هذا سنون ، سأل العالم بويل طبيباً كان قد تزوج من ابنة در بل ، كيف أن در بل ورجاله لم يختنقوا وهم تحت الماء . فأجابه الطبيب : إن در بل أخذ معه مقداراً من الهواء المضغوط مكّنه هو ورجاله من التنفس فى حيز محدود .

على أننا لا نستطيع فى الوقت الحاضر أن نقرر ما إذا كانت قصة در بل هذه صادقة أم ملفقة ، ولكن المسلَّم به أن بابن نجح فى إنشاء ناقوس للغوص ، ثم فى استعماله وهو غائص تحت سطح الماء . ولم يكن ناقوسه ناقوساً بالمعنى الذى يفهم من الكلمة ، وإنما كان صندوقاً ارتفاعه ستة أقدام ونصف قدم يتسع لثلاثة رجال يقفون فيه منتصبى القامة . وهو حين ينغمر فى الماء لا يختفى أثره بتاتاً ، لأن بأعلاه ماسورة تصل إلى سطح الماء ، يدخل منها الهواء النقى ويفرغ منها الهواء الفاسد . وكانت المضخة التى تعمل ذلك إحدى مضخات بابن المركزية الطاردة . وتخرج من جانب الناقوس ماسورة تسع رجلا يزحف

فيها . ولها عند طرفها البعيد باب يمكن فتحه تحت الماء . وهذا بطبيعة الحال يفتح طريقاً للماء ، لولا أن بابن بإحدى مضخاته قد سده وذلك بدفعه فى الماسورة هواء مضغوطاً يطرد الماء ، ويستطيع الرجل الزاحف فى هذه الماسورة الجانبية أن يبعث بلغم ينسف أية سفينة معادية .

قدر بابن

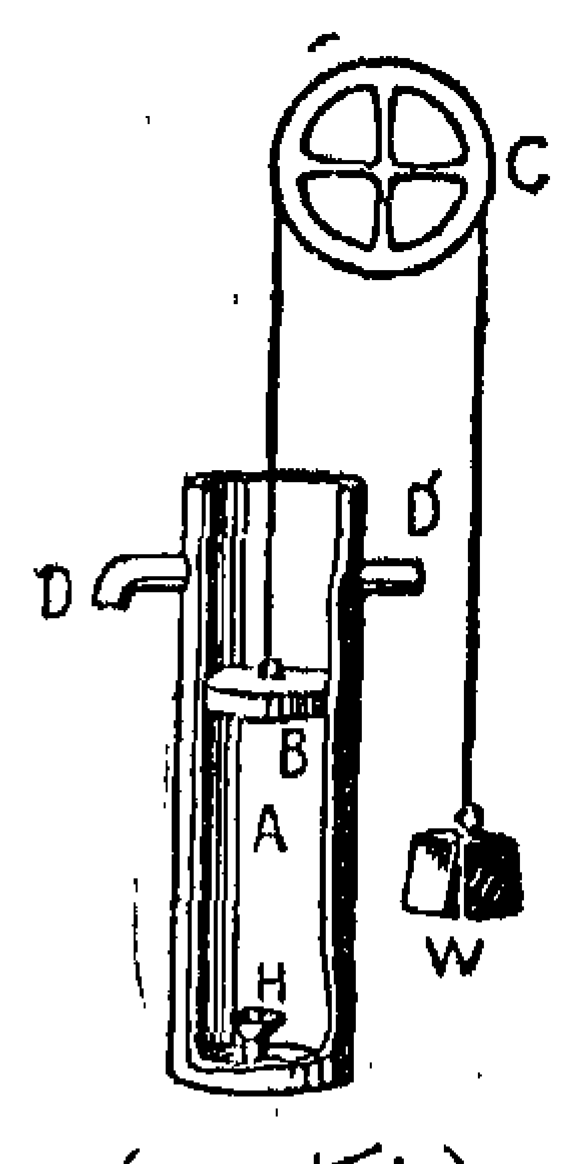
ولئن كان قليلون يعرفون أن بابن هو فى الحقيقة مخترع الآلة البخارية ، فإن كثيرين يعرفون تلك القدر التى اخترعها لطهى الطعام تحت ضغط مرتفع . وقد سماها « القدر المهضمة » . فالماء حين يغلى لا ترتفع درجة حرارته بزيادة النار تحته ، إذ أن زيادة الحرارة تزيد فقط فى سرعة غليانه وبخره . ولكن إذا منعنا تسرب البخار المتصاعد منه عند تسخينه أمكننا أن نرفع درجة حرارة الماء . فإذا ما كان الغطاء محكما متين الجدران فإن البخار لن يتسرب ما لم يرتفع ضغطه كثيراً فيحطم الإناء ، وتكون نتيجة ذلك زيادة فى درجة الحرارة التى عندها يغلى الماء .

وعلى هذا أنشأ بابن قدراً يغطيها من أعلى ثقل كبير . ولم يسد القدر بغطاء محوى (قلاوظ) ، لأن ذلك يؤدى إلى انفجارها ، بل كل ما فعله أنه استوثق من عدم تسرب البخار ما لم ترتفع درجة حرارته ارتفاعاً يزيد من قوته فيجعله يرفع هذا الثقل الكبير . وظن الناس حينذاك أنهم إذا طهوا طعامهم فى مثل درجة الحرارة المرتفعة هذه ، فإنهم لا يحصلون فقط على خلاصة اللحم بل على خلاصة العظام أيضاً . وظنوا أنهم مستطيعون جعل العظام صالحة للطعام مستساغة . وشاركهم بابن هذا الظن أيضاً ، فطهى بعض العظام فى قدره ، فاستحال أصلب عظام البقر والضأن مادة ملساء كالجبن ، وتحولت الخلاصة إلى هلام سميك على الرغم من أن العظام نفسها لا تصلح للأكل . وتستعمل القدر المهضمة فى أيامنا الحاضرة للحصول على جلاتين من العظام .

مضخة هيجنز

ولما انتوى بابن أن يخترع الآلة البخارية التى طالما تطلع إلى اختراعها استرشد بما

كان يذكره عن آلة اخترعها هيجنز سنة ١٦٧٤ ، وكان القصد منها رفع الماء عن طريق انفجار البارود . وكان الماء إذ ذاك مطلوباً لبعض أعمال هامة في قصر ملك فرنسا . فجاء باسطوانة طويلة تحتوى على مكبس ثقيل ، ثم ثبتها فى وضع رأسى . وجعل فى أسفل الأسطوانة سداداً لولبياً (قلاوظ) ، يوضع فوقه قبل سده قليل من البارود وثقاب بطىء الالتهاب ، فبعد سده بقليل يلهب الثقاب البارود فينفجر فيدفع المكبس إلى أعلى الأسطوانة ، وعند ما تبرد الأسطوانة ينخفض المكبس بضغط الهواء عليه فيسحب بهبوطه سلسلة تمر على بكرة وبالسلسلة دلاء مربوطة .

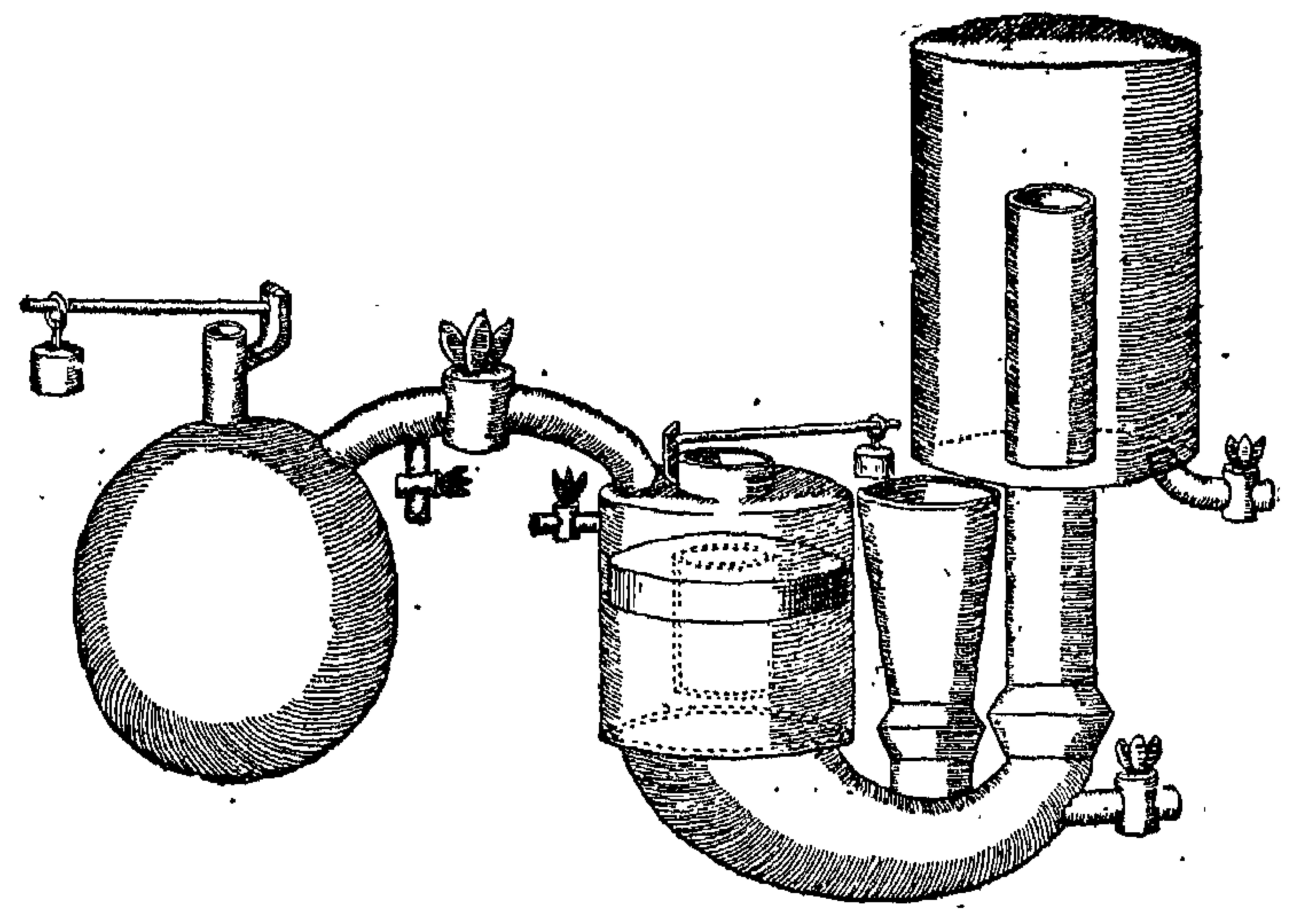


(شكل ٥٥)
مضخة هيجنز وتشغل بحرق البارود

الأسطوانة البخارية

وخطا بابن سنة ١٦٩٠ خطوته الأولى فى سبيل إنشاء الآلة البخارية ، وذلك باختراعه أسطوانة يتحرك فيها مكبس ، لا عن طريق انفجار البارود ، بل عن طريق غلى الماء أسفله . ولذلك رأى « أن يوجه البخار إلى أسطوانة فيتحرك عند دخوله فيها مكبسها ، ثم تبرد الأسطوانة من الخارج ، فيتكاثف البخار ويقل الضغط فيتحرك المكبس إلى مكانه الأول . وفكر فى أن يصنع آلة بخارية على أساس هذه الفكرة ، أهم ما فيها أسطوانة رأسية ذات مكبس يوضع فى قرارها قليل من الماء ، حتى إذا سخنت الأسطوانة وتكوّن البخار اندفع المكبس متحركا إلى أعلى . فإذا أزيل مصدر الحرارة من تحت الأسطوانة بردت ، فيتكاثف البخار ويتحرك المكبس بتأثير الضغط الجوى راجعاً إلى مكانه الأول وهكذا » .

وأكبر عيب فى هذه الآلة ، هو أن الأسطوانة تسخن أولا لكى يتحرك المكبس داخلها ثم بعدئذ تبرد ، وكلتا العمليتين تحتاج إلى زمن . وفى سنة ١٧٠٤ تلقى بابن أمراً من أمير ألمانى بأن يبتنى له آلة بخارية لرفع المياه . وكان بابن قد اطلع فى الوقت عينه على رسم للآلة التى ابتكرها سيفرى المهندس الحربى الإنجليزى ، وهذه الآلة شبيهة « من

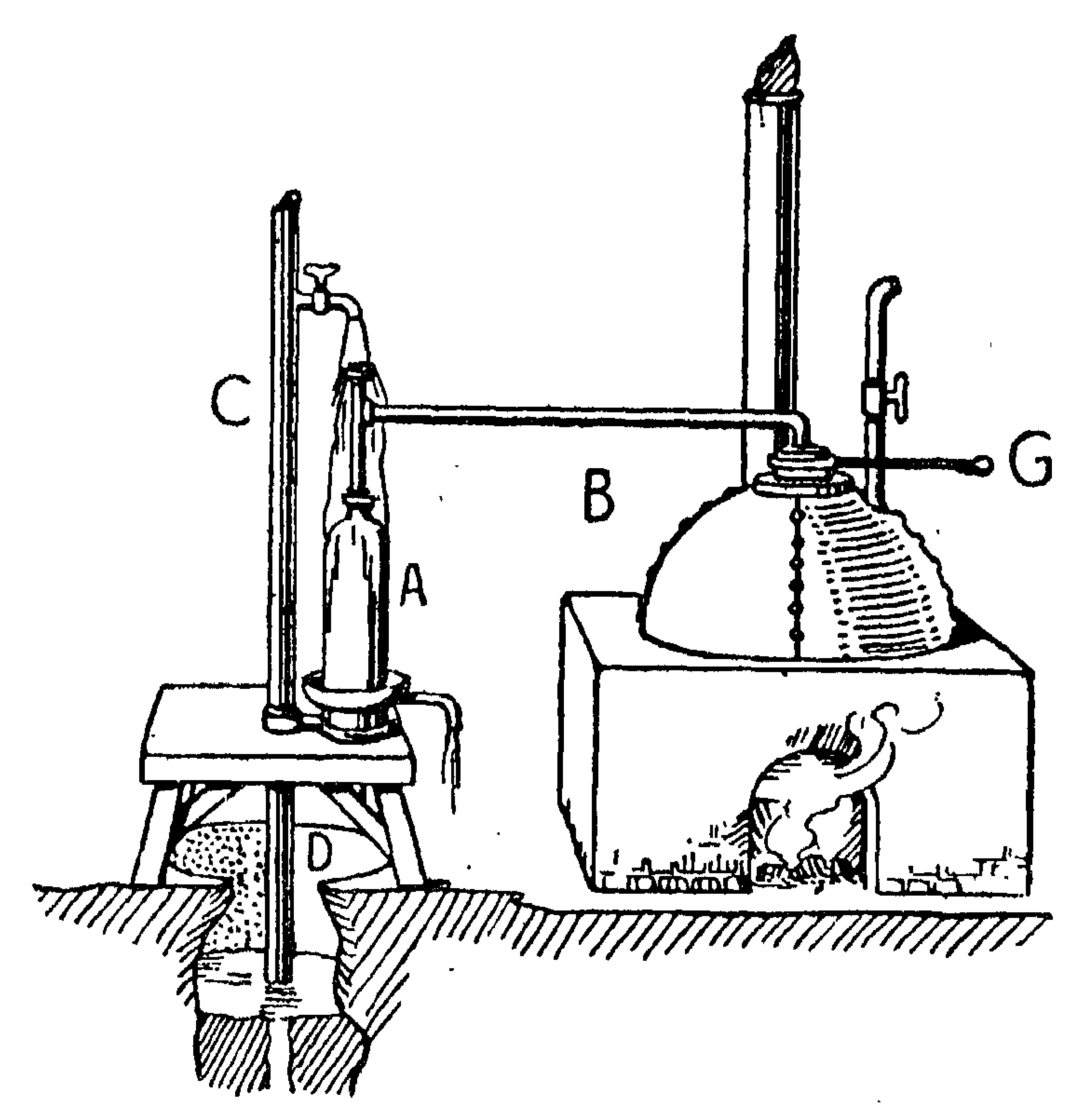


(شكل ٥٦) آلة بابن البخارية لرفع الماء

حيث العمل بالمضخة الماصة الكابسة ، لولا أن الأسطوانة فى المضخة الماصة الكابسة استبدل بها إناء يوجه إلى داخله خلال أنبوبة بخار صادر من مرجل ، فيضغط هذا البخار على سطح الماء الذى فى داخل الإناء فينفذ هذا الماء إلى أنبوبة شبيهة بأنبوبة الكبس فى المضخة ، حتى إذا ما نفذ الماء كله وأصبح الإناء مملوءاً بالبخار سد اتصاله بأنبوبة الكبس وقطع عنه مورد البخار وصب عليه ماء بارد ، فيتكاثف البخار داخله ، ويصير الضغط فيه صغيراً فينفتح صمام أنبوبة المص فيصعد الماء خلالها إلى باطن الإناء ، حتى إذا امتلأ ماء أعيد إيصال البخار إليه وتكرر العمل السابق وهكذا » . وهذا بإيجاز بيان الفكرة الأساسية التى بنى عليها سيفرى رافعة الماء البخارية التى اخترعها .

الآلة ذات المرجل

فلما اطلع بابن على الرسم لم ترقه الفكرة ، ووجه عنايته إلى إصلاح تلك الآلة وجعلها أوفى بالغرض ، وانصرف عن فكرة إدخال الأسطوانة ذات المكبس فى الآلة البخارية . وابتكر آلة تتألف من مرجل يوضع فى النار و يبقى فيها . فالبخار المتصاعد من هذا المرجل يسير إلى اسطوانة ملئت لنصفها ماء . وعلى سطح هذا الماء يوجد طوف



(شكل ٥٧) مضخة سيفرى البخارية

خشبى يمنع بتاتا اتصال البخار بالماء أسفل الطوف . ويشتمل الطوف على صندوق من حديد وضعت بداخله كرة من حديد مسخنة لدرجة الاحمرار . وعلى ذلك فالبخار لا يبرد عند دخوله الأسطوانة ، بل يدفع الطوف إلى أسفلها ، ويرغم الماء على السريان داخل ماسورة رأسية تحيط بها اسطوانة أخرى ويضغط الماء الهواء فى هذه الأسطوانة الثانية ، وقد أعدت لهذا الهواء صمامات تمنعه من العودة . فهو إذن استخدم لدفع الماء إلى أعلى الماسورة ، وبعدئذ يعود الماء إلى الأسطوانة الأولى وتتكرر هذه العملية . وظاهر أن هـذه الأسطوانة الأولى تظل ساخنة جداً لـكى تحفظ للبخار قوته . وبذلك صارت آلة يابن البخارية ، تفضل الآلة التى اخترعها نيوكمن ، والتى أقيمت فى ولفرهمبتون سنة ١٧١١ ، واستعملت لأول مرة لرفع المياه . « وفيها وصل نيوكمن مكبس الآلة البخارية بإحدى ذراعى رافعة من النوع الأول ، جعل ذراعها الأخرى متصلة بمكبس

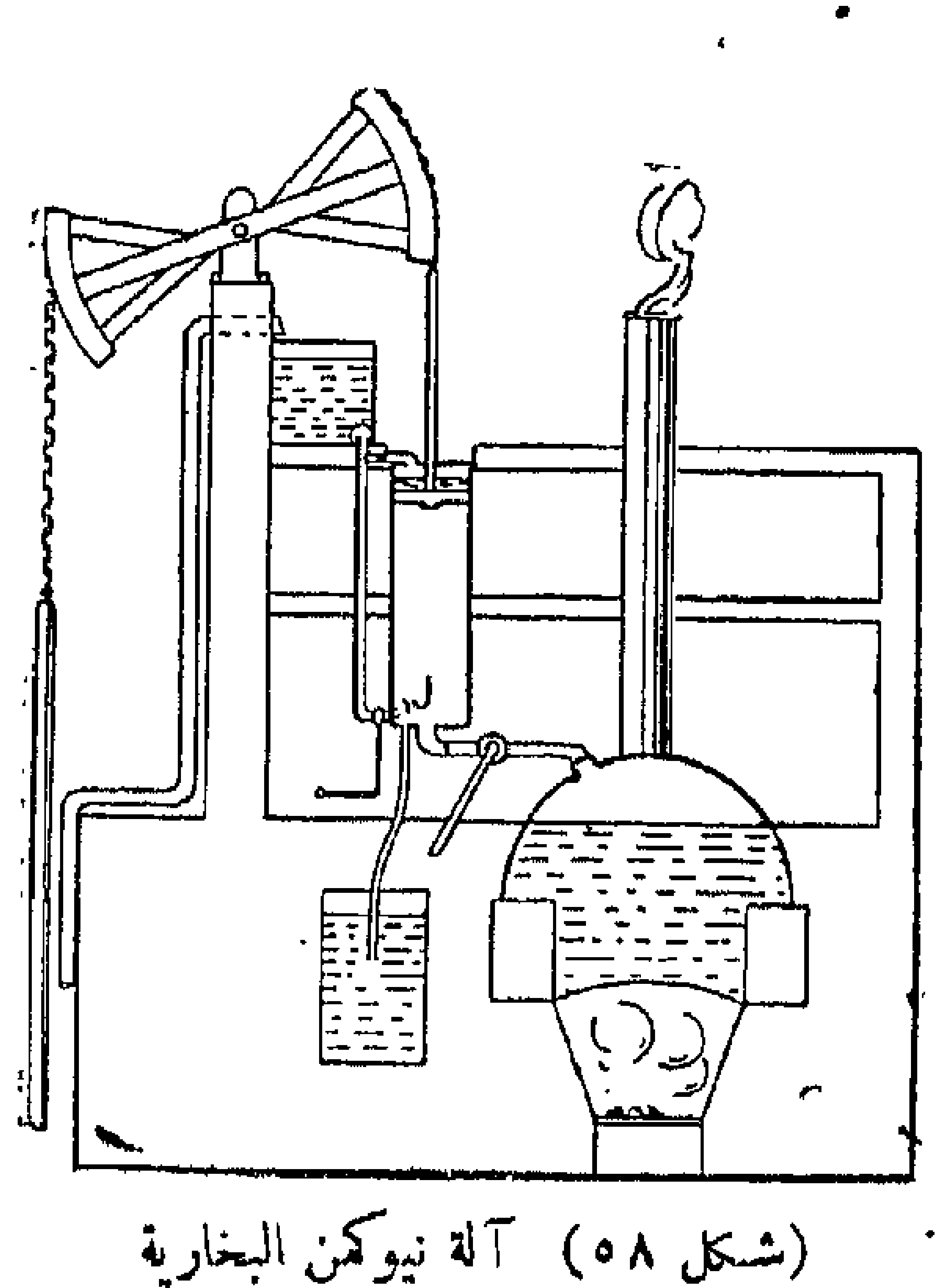
مضخة معتادة ، فيتحرك هذا إلى أعلى عند تحرك مكبس الآلة البخارية إلى أسفل . وقد أدت الآلة الغاية المقصودة منها (إلى حد ما) ، واشتهر نيوكمن من أجلها واتسعت أعماله ، وصار من أشهر المهندسين الميكانيكيين فى عصره » .

وجرب بابن اختراعه أمام الأمير الألمانى سنة ١٧٠٦ ، ونجح فعلا فى رفع الماء بها إلى ارتفاع قدره سبعون قدماً ، غير أن المواسير الطويلة جعلت تنضح بعض الماء ، فغضب الأمير الألمانى لذلك ، وأبى أن يدفع بعد ذلك مالا لمواصلة التجارب . فعاد بابن أدراجه إلى لندن ، وفى السنة التالية لعودته نشر كتابه المسمى « الفن الجديد لرفع الماء بمساعدة النار على أكمل وجه » . ولم يقتصر اختراعه هذا على رفع الماء من المناجم فقط بل عممها فصارت تطلق المدافع وتسير السفن والعربات .

ومات بابن بعد ذلك ببضع سنين ولم يُتم من اختراعه إلا القارب ذا الجذاف . وكان من أئمة المخترعين ، ولكن المهندسين الذين عاصروه لم يوفقوا إلى إظهار مخترعاته العظيمة . ومع أن الآلة البخارية التى اخترعها تختلف كثيراً عن الآلات البخارية فى الوقت الحاضر إلا أنها تحتوى على مكبس يعمل فى اسطوانة ، وعلى صمام أمن ، أى أنها تحتوى على الأجزاء الرئيسية الجوهرية فى الآلة البخارية الحديثة .

آلة نيوكمن البخارية

ولا يخفى أن نيوكمن صنع آلته البخارية على أساس فكرة بابن الأولى ، التى تتضمن استعمال اسطوانة ذات مكبس ، « وكان قد أدرك الخطأ الذى وقع فيه بابن ، إذ أنه لم يفصل بين المرجل والأسطوانة ، فتجنب نيوكمن الجمع بينهما ، والفكرة التى اتبعها هى أن يوصل البخار من المرجل إلى الأسطوانة ذات المكبس بصنبور معد لذلك يتعهده شخص ، فإذا ما ارتفع المكبس قطع البخار



(شكل ٥٨) آلة نيوكمن البخارية

عن الأسطوانة ثم بردها بالماء ، فيتكاثف البخار الذى فى داخلها ، فيندفع المكبس متحركا إلى أسفل بتأثير الضغط الجوى . فإذا وصل إلى قرار الأسطوانة فتح الصنبور المعد لإدخال البخار فى الأسطوانة مرة أخرى وتكرر العمل » .

جيمس وات

وظاهر أن تبريد الأسطوانة بالماء البارد من أكبر العيوب لأنه لا يتفق وسرعة الحركة ، وكذلك لا يتفق وضرورة الاقتصاد فى الوقود . « ويرجع الفضل فى إصلاح هذا العيب الأساسى إلى وات المهندس الإيكوسى الذى أنشأ من الآلة القديمة آلة أخرى تصلح لرفع المياه بل تصلح أيضاً لتحريك كل أنواع الآلات بقوة وسرعة لم تكونا معهودتين فى الآلة البخارية قبل .

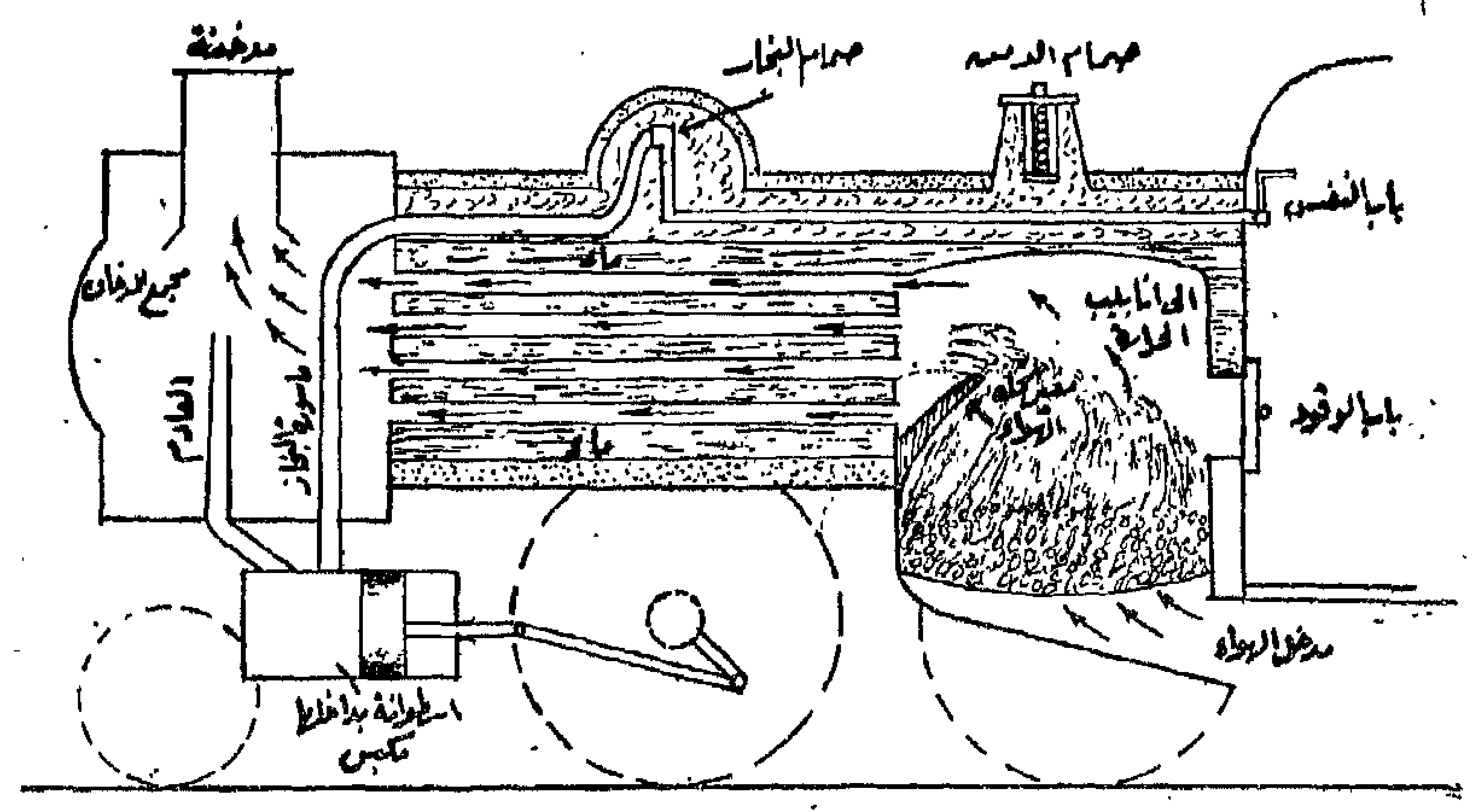
« وكان وات هذا فى بادئ الأمر صانع آلات أو ميكانيكياً صغيراً ، يشتغل بجامعة جلاسجو بايكوسيا ، وهناك تعرف ببلاك كاشف الحرارة الكامنة وصار من أقرب أصدقائه ، وكثيراً ما كان يباحثه فى إمكان إصلاح آلة نيوكمن التى كانت أرقى آلة بخارية معروفة فى ذلك العهد .

« وابتدأ بعض التجارب فى هذا الشأن سنة ١٧٦١ ، ولكنه لم يوفق إلى شىء وقتئذ ، وكان بالجامعة نموذج من تلك الآلة قد طرأ عليه بعض الخلل ، فكلف وات بإصلاحه ، فدرس تركيب الآلة درساً دقيقاً ، وأدرك بعد أن أصلحها أن فيها عيباً أساسياً يلزم تلافيه ، إذ رأى أنه من الضرورى أن تبقى درجة حرارة الأسطوانة مساوية لدرجة حرارة البخار حتى يكون المكبس سريع الحركة وتكون الآلة اقتصادية لا تسرف فى ضياع البخار .

« ولم ير وات حينئذ سبيلاً إلى ذلك وأعياه الأمر أولا ، ولكنه رأى بعد لأى أن يضيف إلى الآلة إناء يُوصل بالأسطوانة سماه المكثف ، بحيث إذا ملئت الأسطوانة بخاراً وارتفع مكبسها وُصلت فجأة بالمكثف فتمدد فيه البخار وانخفض مكبس الأسطوانة من غير حاجة إلى تبريدها . ولم يكد يفكر فى الأمر حتى شرع فى تطبيق فكرته

عملياً ، فلما رآها صالحة أخذ يدخل فى الآلة بعض التحسينات الثانوية ، وسجل اختراعه هذا أول مرة فى يناير سنة ١٧٦٩ .

« ثم أخذ يحسن الآلة بحيث جعلها تصلح لتحريك آلات أخرى ، حتى لا يظل عملها مقصوراً على رفع المياه ، وأخذت الآلة البخارية منذ ذلك الوقت تسير فى سبيل التقدم تبعاً لسنة الارتقاء » .



(شكل ٥٩) مقطع للفاطرة البخارية

انتهى هذا الكلام المقتبس من كتاب « علم الطبيعة » لمؤلفه الأستاذ نظيف . وعلى كل حال فالفضل فى اختراع الآلة البخارية يرجع إلى بابن أولا ، فهو الذى وضع الأساس ، وعنه أخذ نيوكمن ، وعن هذا أخذ وات . ولا نقول إن الفضل الأول يرجع إلى هيجنز ، لأن اختراعه لم يكن آلة بخارية ، بل كان الحجر الأول فى بناء الآلة ذات الاحتراق الداخلى .

الفصل الحادى عشر

الشرر الكهربائى

حينما كان أهل قرطاجنة يمخرون بسفنهم البحار فى محاذاة شواطئ إسبانيا وفرنسا ، لكى يستبدلوا بأرجوانهم القصدير ، كانوا يعودون إلى بلادهم ومعهم قطع صغيرة من حجر له لون الذهب ، غير شفاف ، يسهل قطعه . كان يستورده الإسبانيون والفرنسيون من شواطئ ألمانيا ومن بحر البلطيق . وهو فى الواقع لم يكن حجراً ، بل كان عصارة نوع من شجر الصنوبر تجمدت بعد أن ظلت مطمورة فى جوف الأرض سنين طويلة .

فهذا الحجر أو « العنبر » أو « الكهرباء » أو « الكهرمان » كما نسميه الآن كان لقدماء الأغريق والرومان أداة لهو يعجبون لها ويسرون منها . وكانوا يظنون أن له جميع الخواص السحرية . أليس له ، عدا جمال منظره إذا صنع عقداً يزين نحر الحسناء ، روح اختص به لأنه يجذب إليه أحياناً قطع القش الصغيرة أو ذرات التراب ؟ وما كان الأقدمون يستطيعون إلا أن يحسبوا ذلك لرغبة خفية أو إرادة كامنة فيه . وقد عرفوا من قبل مادة أخرى تبدو منها مثل هذه القوة الجاذبة ، وتلك المادة كانت حجر المغناطيس الذى يجذب إليه الحديد ، والذى لذلك سماه الأقدمون « الحديد المارق » ، يريدون « الحديد الحى » كما كانوا يسمون الزئبق « الفضة المارقة » .

وكان الدكتور جلبرت ، الذى سبق أن تحدثنا عنه فى الفصل الخامس ، أول من أثبت أن القوتين تتباينان كل التباين ، فسمى القوة التى يظهرها العنبر « كهربائية » ، وتلك التى يبديها الحجر المغناطيسى « مغناطيسية » ، وقال إن القوة الكهربائية تظهر أو تثار إذا دلكنا العنبر بقطعة من الصوف ، أما القوة المغناطيسية فإنها تثار فى قطعة من الحديد بدلكها بحجر المغناطيس أو بتعليقها بحيث تتجه وأحد طرفيها نحو القطب الشمالى . وكان الدكتور جلبرت أيضاً أول من اخترع تلك الآلة الصغيرة التى تشبه الإبرة المغناطيسية

ليثبت بها الجذب الكهربائى . ولم تكن إلا إبرة من قش ترتكز على سن مدببة ، كما ترتكز الإبرة المغناطيسية بالضبط .

الصلة بين الكهربائية والمغناطيسية

وعلى الرغم من أن جلبرت برهن على أن القوتين الكهربائية والمغناطيسية متباينتان تماماً فقد وقعت حادثة سنة ١٦٨١ أثبتت أن هناك صلة بين القوتين . فنى هذه السنة أبحرت سفينة إلى بوسطن فأصابتها الصاعقة ، وهى شرارة البرق ، فوجدوا عند ما قارنوا البوصلة الموجودة فى السفينة بموضع النجم القطبى أن القطب الشمالى للبوصلة متجه نحو الجنوب ، وأن قطبها الجنوبى متجه نحو الشمال . فالإبرة فى الواقع انعكست ، وقد اقتيدت السفينة إلى بوسطن وبوصلتها معكوسة .

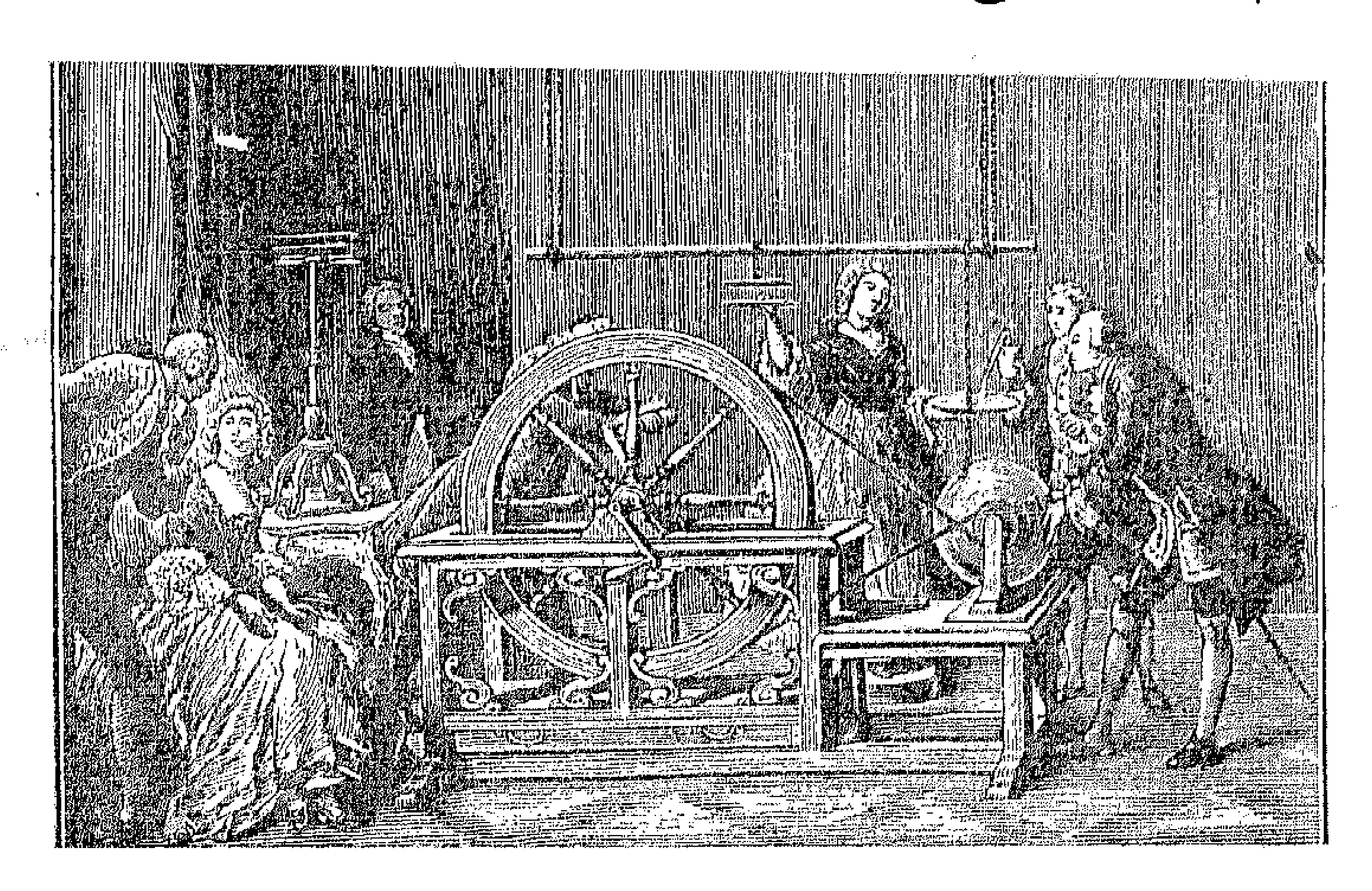
وكان الناس حتى فى ذلك الوقت يظنون أن هناك ثمت علاقة بين البرق والقوة الكهربائية ، وهو ظن تحقق فيما بعد على يد بنيامين فرنكلين . ولاحظ العالم روبرت بويل أن الشعر يخضع بسهولة للجذب الكهربائى . والشعر يمكن فى الواقع أن « يكهرب » كما أعتدنا أن نقول ذلك اليوم . فإذا ما جثمت هرة بجوار موقد زمناً ما ثم لطمناها باليد لطماً لطيفاً سمعنا صوت فرقعات صغيرة تشبه الصوت الملازم لحدوث الشرر الكهربائى الصغير ، ثم نرى بعض شعر الفرو قد تقارب وبعضه قد تنافر . وهذا أيضاً تشاهده السيدات وهن يمشطن شعورهن . فإذا ما كان الشعر جافاً تماماً تنافر بعضه .

وكذلك فى حالة الشعر الصناعى الذى يكون دائماً أجف من الشعر النامى نرى الجذب الكهربائى يحدث بشكل يلفت النظر . وقد لاحظ بويل ذلك كما قلنا منذ أكثر من مائتى سنة فكتب لصديق له يقول : « إن خصل الشعر الصناعى التى تكون فى حالة جفاف خاصة تنجذب إلى البشرة . وقد رأيت ذلك فى حسناوين تلبسان شعراً مستعاراً . فقد لاحظت أنهما لم تستطيعا أن تحولا دون طيرانه إلى خديهما واللصوق بهما مع أن الخدين خاليان من كل دهان ، ولم تكن السيدتان تستعملان الأدهنة . وقد سمحت لى إحداهما بأن أجرى تجربة أخرى ، إذ سألتها أن ترفع يدها الدافئة على مسافة قريبة من

إحدى هذه الخصل بعد تعليقها فى الهواء ، فما أن اقتربت يدها حتى انجذب أسفل الخصلة إلى يدها بعد أن كانت الخصلة بأكملها خالصة فى الهواء » .

مواد تتكهرب

واتضح فيما بعد أن هنالك مواد أخرى عدا العنبر والشعر تبدى جذباً كهربائياً . فنيوتن جاء بقرص من الزجاج ووضعه على نضد ، ثم جعل يدلكه بقطعة من قماش خشن بال حتى رأى بعض قطع الورق الصغيرة جداً المتناثرة على النضد بالقرب من القرص تنجذب إليه ، فإذا ما أدركته استقرت فوقه قليلا ثم جعلت تزحف ثم تقف بل تقفز ثم تسكن وهكذا . ويمكن إجراء مثل هذه التجربة بسهولة ، وذلك بدلك قضيب من شمع الختم بخرقة من الصوف ثم تقريبه من قطع الورق .



(شكل ٦٠) آلة جيريك الكهربائية ذات الكرة الكبريتية

ودلك جيريك بيده كرة من الكبريت بدل دلكه العنبر أو الزجاج ، وكان قد صنع هذه الكرة بأن جاء بزجاجة كرية وملأها بقطع من الكبريت ثم سخنها فانصهر الكبريت وملأ سائله فراغ الجزء الكرى من الزجاجة ، وتركه حتى برد فتجمد ، ثم كسر الزجاج واستخلص كرة الكبريت . وثبت بالكرة عصا جعلها محوراً لها . ثم ركب المحور

فى جهاز خاص وأداره فدارت الكرة ، وعرض يده لها وهى دائرة فدلكتها ، ثم جعل يجذب بها الريش . ونجح فى السيطرة بهذه الآلة الكهربائية على الريش المتناثر فى الحجرة .

التوصيل الكهربائى

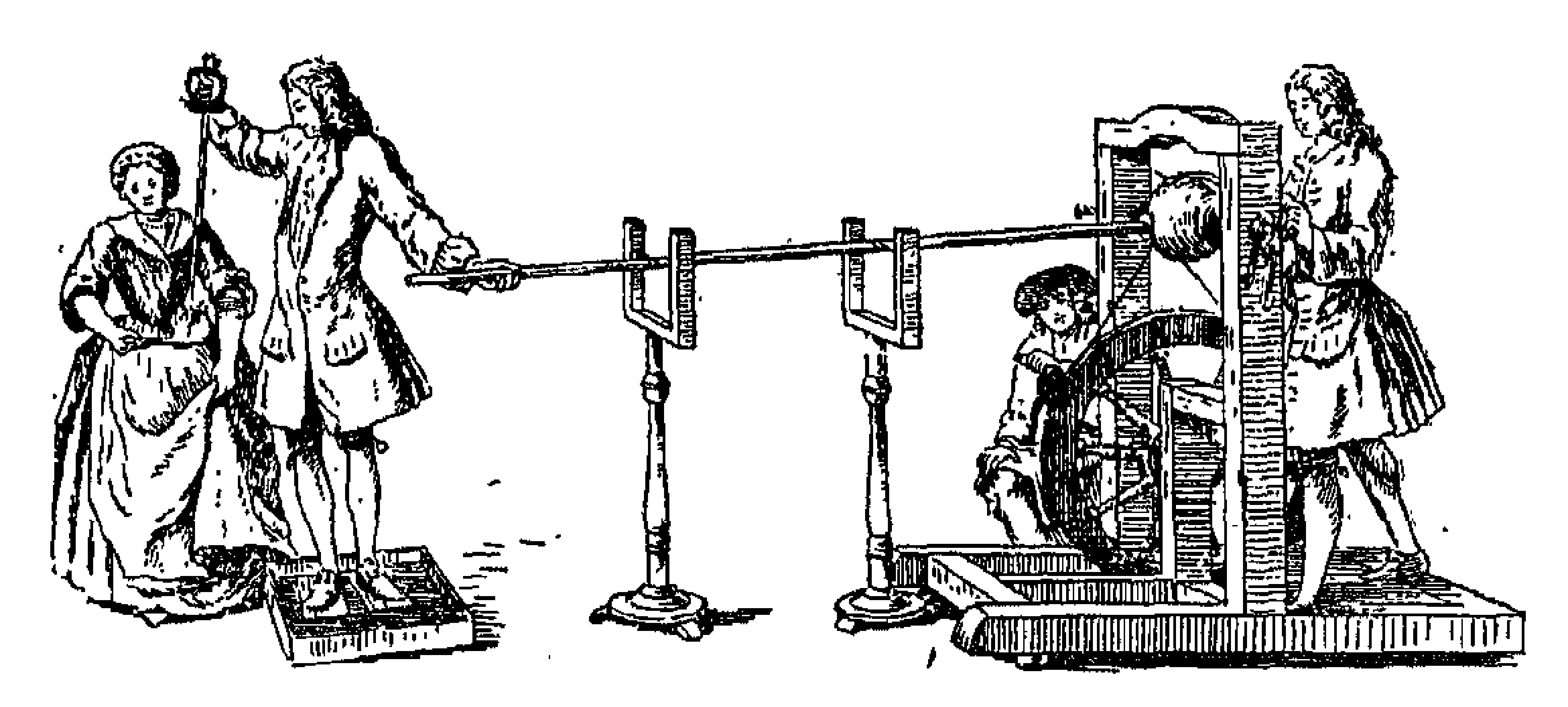
وفى سنة ١٧٣٠ وجد استيفن جراى وكان من الموظفين المتقاعدين ، أن القوة الكهربائية يمكن أن تنتقل إلى أحد طرفى سلك إذا قرب طرفه الآخر من الجسم المتكهرب . وفسر هذه الظاهرة بقوله إن السلك « وصَّل » الكهربائية . ووجد أن الأجسام كلها تنقسم فى هذا الصدد إلى قسمين موصلة وغير موصلة ، وأثبت أن جسم الإنسان موصل بأن جاء بصبى وأوقفه على شبكة من الحرير معلقة وكهربه فبرهن على أنه يوصل الكهربائية . ثم وجد أنه بدلا من تعليق الصبى فوق الشبكة الحريرية يكفى أن يوقف على قرص من الراتينج لا يوصل الكهربائية كالحرير .

وتلقى الفرنسيون نبأ هذه التجارب بالاهتمام الشديد . وقام العلماء فى فرنسا بإجراء تجارب كثيرة فى هذا الصدد استخلصوا منها أنه إذا كهرب جسم بشدة أمكن أن يعطى شرراً . ووقف أحدهم على شبكة حريرية معلقة وطلب إلى زملائه أن يكهربوه . فلما كهربوه أمكن لكل منهم أن يخرج منه شرراً وذلك بلمس جسمه . وكان هذا الشرر يحدث صوتاً ووخزاً فى جسم المتعرض له . وقال أحد الحاضرين إذ ذاك « لن أنسى أبداً الدهشة التى أحدثتها الشرارة الكهربائية الأولى الخارجة من جسم الإنسان » .

الآلات الكهربائية

وبلغ الاهتمام بهذه المشاهدة مبلغاً كبيراً ، وبدأ الناس يصنعون الآلات الكهربائية . ومن أحسن الآلات التى ظهرت إذ ذاك تلك التى صنعها الأستاذ بوز الألمانى سنة ١٧٤٤ ، وهى تتألف من كرة زجاجية ركبت فى إطار تديره بكرة فتدور الكرة . فإذا وضعت اليد على الكرة الزجاجية أثناء دورانها فإن الكرة تتكهرب ، وتسرى الكهربائية بالتوصيل خلال أنبوبة قصديرية طويلة تحملها خيوط من الحرير ، وجهز طرفها القريب

من الكرة الزجاجية بخيوط من الكتان تلمس الكرة فتسرى كهربائيتها إلى الأنبوبة خلال هذه الخيوط الكتانية . وإذا وقف عند الطرف الآخر شخص فوق قرص من الراتينج أو الزفت ، وأمسك بيد سيفاً مسلولا ، ولمس بالأخرى الأنبوبة القصديرية أمكن استخلاص شرر من طرف السيف ، وأمكن لهذا الشرر أن يشعل الكحول الموضوع فى إناء تحمله خادم واقفة على الأرض كما ترى فى الصورة .



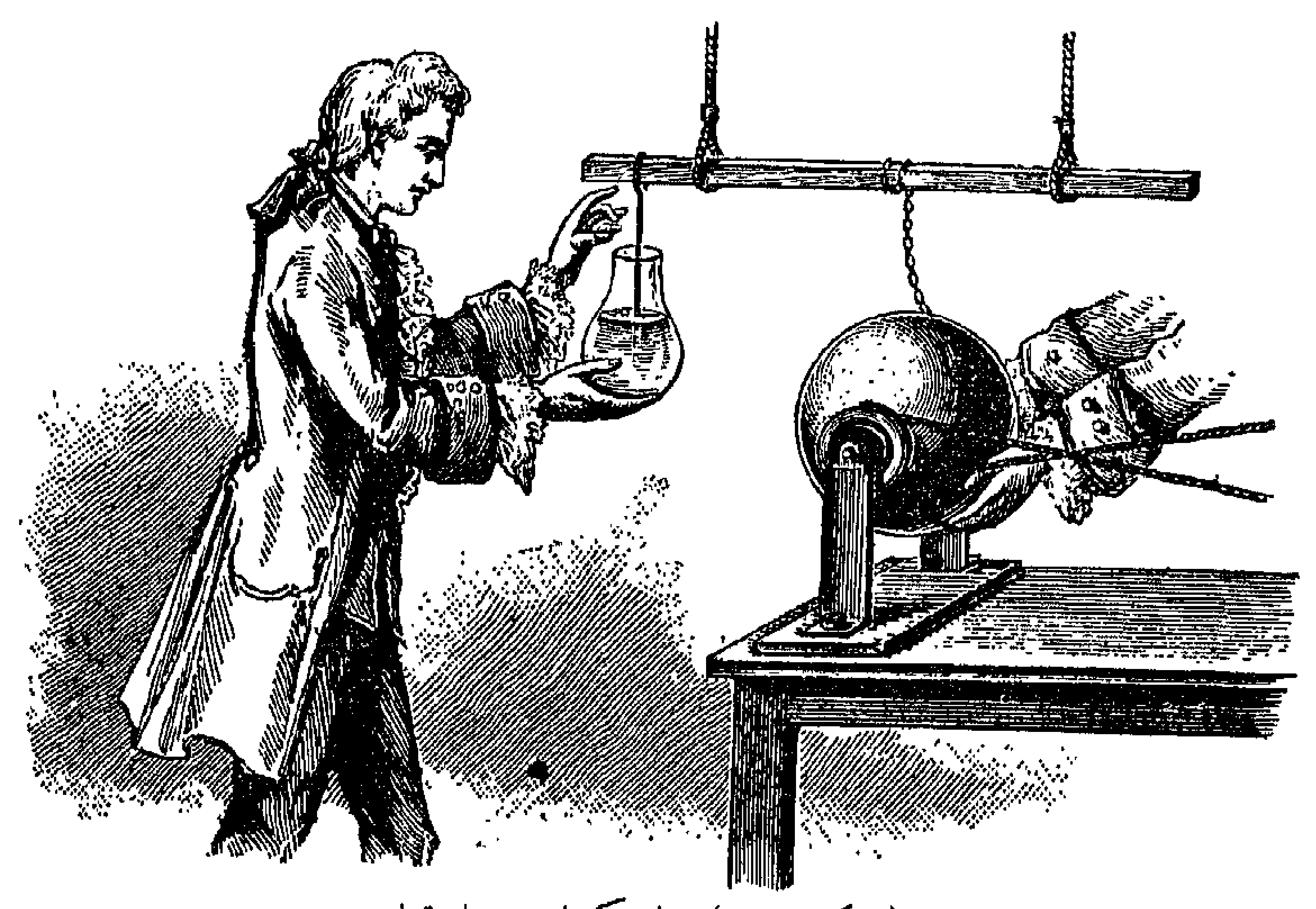
(شكل ٦١)

الآلة الكهربائية ذات الكرة الزجاجية والساق المعدنية ، ويحاول الشخص الممسك بالساق والواقف فوق المادة العازلة أن يوقد بطرف سيفه الكحول الذى تحمله الخادم فى إناء

ثم استبدلت الكرة الزجاجية باسطوانة من الزجاج ، ولم تستخدم اليد فى دلك الزجاج بل سلطت على الاسطوانة وسادة من الجلد لكى تقوم بعملية الدلك . وأول من فكر فى استخدام الوسادة لهذا الغرض العالم الألمانى فنكلر أستاذ الفيزيقا بجامعة ليبزج ، وكانت وسادته التى استخدمها مصنوعة من الجلد ، وتضغط على الزجاج بفعل ضاغط (زنبرك) أعد خصيصاً لذلك . فكانت هذه الوسادة بمثابة يد صناعية ، ولكنها لم تكن وافية تماماً بالغرض إلى أن دخلها التحسين فيما بعد بتغطيتها بخليط من القصدير والزئبق . وأخيراً استبدلت الكرات والاسطوانات بأقراص من الزجاج .

زجاجة ليد

وانتشرت سنة ١٧٤٥ بدعة إجراء التجارب الكهربائية ، وذلك بسبب استكشاف جهاز يجعل التفريغ الكهربائى أو الشرارة الكهربائية أشد . وكان استكشاف هذا الجهاز



(شكل ٦٢) استكشاف زجاجة ليد

مصادفة ، وحدث فى آن واحد فى بومرانيا بألمانيا وفى هولندا . فقد أراد مرة فون كلايست رئيس أساقفة كاتدرائية كامن فى بومرانيا أن يكهرب قارورة من الزجاج ، فوضع فيها مسماراً ، وأمسك بالقارورة فى يده ووصل المسمار بمستودع الآلة الكهربائية . فما كان أشد دهشته إذ شعر برعدة عنيفة ارتجت بها ذراعه عندما قرب يده الأخرى ، فلمس بها المسمار . وأراد موشنبروك أحد أساتذة الفيزيقا بجامعة ليدن فى هولندا أن يجرى تجربة يكهرب بها الماء ، فملأ قارورة بالماء وأمسك بالقارورة صديق له يدعى كونوس ، وغمر فى الماء سلكا أوصله بمستودع آلة كهربائية . ثم أدار الآلة مدة أراد هذا الصديق بعدها أن ينزع بيده الأخرى السلك من الماء ، فشعر أيضاً برجة عنيفة آلمته فى ذراعه . ورأى موشنبروك أن يعيد التجربة بنفسه ، فكان نصيبه أشد من نصيب صديقه ، حيث آلمته الرعدة فى ذراعه وكتفيه . فكتب إلى ريومر العالم الفرنسى ينبئه بأمره ، وآلى على نفسه ألا يعود مرة أخرى إلى مثل هذه التجربة ، ولو أعطى فى سبيل ذلك ملك فرنسا .

وبهذه الكيفية اخترعت الزجاجة التى عرفت فيما بعد بزجاجة ليد نسبة إلى ليدن ، وإن كان مخترعها أحجم عن التلاعب بها نظراً لما أصابه . على أن هذا الشعور لم يشاركه فيه غيره ، وقام كثيرون يحاولون تجربة الصدمة الكهربائية التى ترج الأجسام وترعدها

لكى يروا أثرها فيهم ولكى يخبروا أمرها . ومضى الأستاذ بوز فى تجاربه فى هذا الصدد غير مكترث مظهراً رغبته فى أن تقضى عليه الصدمة لكى تتخذ المجامع العلمية ، وعلى الأخص أكاديميه العلوم فى فرنسا ، موته بهذه الصفة موضوع بحث جديد .

وشاع الجهاز الجديد كل الشيوع واتخذه كثيرون وسيلة للهو والتسلية ، واتخذه بعضهم حرفة يسترزقون من ورائها . فكانوا يجوبون البلاد ويعرضون الجهاز للبيع بعد عرض التجارب على الناس ، فيصعقون بعض الطيور والحيوان ويصهرون بعض الأسلاك الرفيعة . وتقف ثلة من النظارة ، بلغ عددهم مرة مائة وثمانين جندياً ، وبضع مئات من الرهبان مرة أخرى ، يمسك أحدهم بيد الآخر ، ويمسك أولهم فى يده الزجاجة ويدنى آخرهم يده من الموصل المتصل بباطنها فيرتعدون جميعهم دفعة واحدة من أثر الصدمة ، وفى بعض الأحيان كانوا يقفزون .

بنيامين فرنكلين

وأخذت التجارب تتعدد وتتنوع ، وأخذت تنتشر من بلد إلى آخر حتى وصلت أمريكا ، ولفت حدوثها نظر رجل استطاع أن يخطو بها إلى الأمام خطى أخرى . وهذا الرجل هو بنيامين فرنكلين ، وكان إذ ذاك فى الأربعين من عمره ، يحترف صناعة الطباعة ويشتغل بتحرير جريدة فى مدينة فلادلفيا . وقد جابت بعد ذلك شهرته فى العمل والسياسة أرجاء العالم ، وكان من أكبر الشخصيات البارزة فى حركة استقلال الولايات المتحدة ومن أعظم أبطالها . وكان عدا ذلك فى مقدمة رجالات العلم الذين لهم فخر الانتساب إلى كل الجمعيات العلمية فى أوروبا ، ومن معظم علماء الكهربائية فى القرن الثامن عشر . فلما استكشف الكهربائية الجوية ، كما سيجىء لقبوه بالرجل « الذى اختطف البرق من السماء والصولجان من الطغاة » .



(شكل ٦٣) بنيامين فرنكلين

كشف تأثير الأسنة

شغف فرنكلين بعلم الكهربائية منذ رؤيته تلك التجارب أول مرة ، وأخذ يجرى هو أيضاً بعض التجارب ، فاشتهر أمره سريعاً بين قومه وقصده كثيرون من صحبه وذويه ليشاهدوا فى منزله تجاربه الغريبة . وكانت تجاربه الأولى خاصة بتأثير الأسنة وأفضت به إلى كشف عملها فى « جذب » الكهربائية من الجسم المتكهرب إليها ، وفى دفعها عنه . وتجاربه فى ذلك غاية فى البساطة . فمنها « أنه أخذ قنبلة فكهربها وجعل كرة صغيرة من الفلين معلقة بخيط من الحرير تلمسها فتتنافر عنها ، فرأى أنه إذا قرب من القنبلة سناً حاداً ، كالطرف المدبب لخنجر مثلا ، وهو ممسكه باليد ، بطل التنافر بين كرة الفلين والقنبلة ، ورأى أنه إذا نظر إلى الطرف المدبب للسن فى الظلام أثناء ذلك ، ظهر عليه تألق يكون أكثر وضوحاً كلما كان السن أحد . كذلك رأى أنه إذا وضعت على الموصل المتكهرب إبرة صغيرة ذات طرف مدبب حاد زال تكهرب الجسم » .

فاستدل فرنكلين من هذه التجارب وأمثالها على تأثير الأسنة ، وأرسل إلى الجمعية الملكية بلندن رسالة وصف فيها تجاربه فى هذا الموضوع ، وضمن هذه الرسالة أيضاً نظريته فى الكهربائية ، وهى النظرية المعروفة بنظرية « السيال الواحد » ، وفيها تعتبر الكهربائية ، أو « النار الكهربائية » ، كما سماها الفرنسيون ، سيالا منتشراً فى الأجسام المادية . فإذا دلك جسمان أحدهما بالآخر ازداد مقدار هذه النار فى أحدهما بقدر نقص مقدارها فى الآخر . وعبر عن حالة الأول بأن تكهربه زائد ، وعن حالة الثانى بأن تكهربه ناقص . ومنذ ذلك الحين سمى نوع الكهربائية الأول « الموجب » ، وسمى الثانى « السالب » . واقترح فرنكلين على نفر من صحبه أن يصحب تجاربه الكهربائية بإعداد طعام كهربائى لهم ، فيه يصعق ديك رومى بصدمة الكهربائية ، ثم يشوى فوق نار تشعلها الكهربائية .

البرق شرارة كهربائية

وفى سنة ١٧٤٩ خطر لفرنكلين أن يجرى تجارب يثبت بها أن البرق فى الحقيقة

شرارة كهربائية كبيرة . وكان يظن قبل أن يرى التجارب الكهربائية أن البرق نوع من نفثة كبريتية تنفثها الأرض وتتجمع فى الجو . وكان غيره يظن أن البرق فرقعة غازية . وما كان يمكن خبر هذين الزعمين عن غير طريق التجربة . فلا يكفى لتفسير شىء أنه يشبه قليلا أو كثيراً شيئاً آخر . فقد تتشابه الأشياء ظاهرياً كل الشبه فى حين تكون متباينة كل التباين لا ترتبط بأدنى صلة . مثال ذلك أن الصقيع يبدو على زجاج النوافذ فى البلاد الباردة أشبه شىء بأوراق نبات السرخس . ولكن شتان بين نمو السرخس فى الغابات ونمو بلورات الصقيع على الزجاج . ففى الأولى لا بد من تربة وبذرة وتغذية ودرجة حرارة خاصة ، وفى الثانية لا يحتاج الأمر لغير الماء والبرد الشديد . ولكن فرنكلين كان ذا نزعة علمية صادقة . فلما وجد أن المشاهدات تدل على وجود تشابه كبير بين الشرارة الكهربائية التى يمكن الحصول عليها عند تفريغ زجاجة ليد وبين شرارة البرق ، لم يشأ أن يقول على الفور إنهما من طبيعة واحدة . فهما يتشابهان فى إحداثهما ضوءاً واحداً ، وفى تعرج مسيرها وسرعة حركتهما ، وفى انتقالهما فى الموصلات وصهرهما المعادن ، وإشعالها المواد القابلة للالتهاب وقصفهما الأشياء ، وقتلهما الحيوانات فى الحال ، وإحداثهما نفس الصوت ونفس الرائحة . فاستنتج أن البرق قد لا يختلف فى طبيعته عن الشرارة الكهربائية وإن كان أشد وأعظم منها أثراً .

فما الذى إذن هو صانعه ؟ عليه أولا أن يجرى فى معمله تجربة يحاكى بها البرق ، وثانياً أن يحصل على كهربائية من الجو .

فأما عن التجربة الأولى « فقد علق من سقف غرفته ميزاناً ذا كفتين ، وكانت كفتاه معلقتين بخيوط من حرير ، وكانت إحداهما متكهربة والأخرى غير ذلك ، وأدار عاتق الميزان عدة مرات حتى إذا التوى الخيط المعلق منه وترك وشأنه دار العاتق بالكفتين لكى يرجع الخيط إلى حالته الأولى فلا يكون فيه التواء . ووضع على أرض الغرفة تمثالا من الحديد ، حتى إذا تحركت الكفتان حركتهما الموازية لأرض الغرفة ، دنت كل منهما بالتبادل منه ومرت من فوقه ، فشاهد أنه عندما مرت الكفة المتكهربة من فوق الجسم هوت نحوه من جراء التجاذب المتبادل بينهما ، ونشأ عن ذلك أحياناً حدوث شرارة

بينهما تتفرغ بها شحنة الكفة . وشاهد أيضا أنه إذا وضعت بالقرب من الجسم إبرة متصلة بالأرض ، بحيث تكون قائمة ، وكان طرفها المدبب مشيرا إلى أعلى و يعلو فوق الجسم ، مرت الكفة المتكهربة من فوقه وتفرغت شحنتها دون أن يحدث شىء ما » .

فالكفة المتكهربة فى هذه التجربة تمثل السحابة المتكهربة ، والشرارة التى تحدث بين الكفة والجسم تمثل الصاعقة التى تنقض على بناء مرتفع أو سفينة فى البحر أو شخص فى العراء . ورأى فرنكلين أنه يمكن بتأثير الأسنة تفريغ تكهرب السحب التى تحلق فوق بناء عال ، من غير أن يصيبه ضرر ، كما أمكن فى التجربة تفريغ شحنة الكفة المعلقة دون أن يحدث بينها و بين الجسم شرارة . فلم يبق إذن إلا أن يجذب فرنكلين إليه شرارة كهربائية من البرق لكى يبرهن على أن البرق تفريغ كهربائى .

وهنا فكر فى التجربة الثانية . رأى أن يقيم على أعلى برج ساقا مدببة من الحديد تخرج من كوخ صغير من الخشب على قمة البرج ، وتتصل بكرسى معزول ذى قوائم من زجاج ، و يبلغ ارتفاعها نحو ثلاثين قدماً أو يزيد . فإذا وقف فوق الكرسى رجل ، ثم حلقت بين البرج سحابة متكهربة ، اتصل إليه بتأثير السن بعض الكهربائية ، وأمكن إحداث الشرر الكهربائى كالمعتاد .

وكتب فرنكلين للجمعية الملكية بلندن يقترح عليها إجراء هذه التجربة ، ولكن الجمعية عدت رأيه خيالياً ولم تقدم على تشجيعه ، فرأى أن يسعى لجمع المال عن طريق اليانصيب لكى يتسنى له أن يبنى برجا لهذا الغرض . و بينما هو يعمل الفكر للوصول إلى غرضه بلغه أن التجربة التى اقترحها قد أجريت فى باريس ، وأنها نجحت النجاح المرجو . ذلك أن من يدعى دالبار أحد علماء فرنسا قد أجرى تجربة فى قرية مارلى بالقرب من باريس ، حيث أقام قضيباً من المعدن طوله أربعون قدماً وعزله وركزه فوق نضد داخل كوخ ، واخترق بالطبع سقف الكوخ . وجعل بقربه سلكا من النحاس مثبتاً فى قارورة من الزجاج ، وأقام على حراسته جندياً قديماً من حرس الملك ، وأوصاه أن يرقب السماء حتى إذا تلبدت بسحابة مبرقة مرعدة أسرع إلى الكوخ وقرب السلك من القضيب . فلبث الجندى ينتظر حتى وقع بعد بضعة أيام ما كان ينتظر فأسرع إلى السلك

يدنيه من القضيب ، فحدث شرر كهربائى أفزعه وجعله يشم رائحة كرائحة الكبريت ، وخيل إليه أن ثمت شيطاناً يسخر منه . ففر هارباً إلى قسيس القرية يستعيذ به من ذلك الشيطان الماجن . ولكن القسيس عرف أن ذلك لم يكن من فعل شيطان ، وجعل يحدث شرراً من القضيب بوساطة السلك ، ثم كتب إلى دالبار يصف له ما جرى ، فسر دالبار لذلك ، وتأكد أن رأى فرنكلين لم يكن مجرد حدس بل كان حقيقة لا ريب فيها.

ولكن هل اقتنع فرنكلين لما بلغه نبأ هذه التجربة ؟ كلا بل قام فى ذهنه أن القضيب أقصر من أن يبلغ السحب ، وأنه ربما يكون قد تكهرب من غيرها . وإذن لا بد من تجربة أخرى فاصلة . « فصنع طيارة كالطيارات المعتادة التى يلهو بها الصبية ، من الحرير لكى تقوى على عصف الرياح والأمطار ، وجعل فى أعلاها سلكا ذا طرف مدبب طوله قدم أو أكثر . وفى يوم عاصف فى شهر يونيـة سنة ١٧٥٤ استعان بابنه ، فأرسلها فى الجو وربط خيط الطيارة فى شريط من الحرير جعله فى يده ، وجعل عند اتصال الشريط بالخيط مفتاحاً ، ووقف تحت مظلة يتقى بها الأمطار يرقب ما يبده . فمرت من فوقه سحابة ولم يحدث شىء . وانتظر وطال به الانتظار ، فمل وكاد ييأس وإذا بأوبار الشريط قد انتصبت متنافرة . فلما أدنى منها يده انجذبت نحوها ، فأدنى إصبعه من المفتاح فحدثت شرارة ، فلما بلت الأمطار خيط الطيارة زادت الشرارة شدة ، فأدنى من المفتاح اللبوس الداخلى لزجاجة ليد فشحنها . ثم أجرى بعد ذلك بعض التجارب المعتادة مستعملا كهربائية السحب ، فتحققت آراؤه » .

نوع كهربائية السحب ومانعة الصواعق

« وتتبع فرنكلين هذه البحوث فاختبر نوع كهربائية السحب فوجدها موجبة أحيانا وسالبة فى الغالب . وبين فكرته فى وقاية المبانى بوساطة مانعة الصواعق . ومن تجاربه التى أجراها أنه نصب فى بيته قضيبا من الحديد طرفه الأعلى المعرض للجو مدبب حاد ، وجعل القضيب معزولا ووضع بقربه على بعد قدره ست بوصات قضيباً متصلا بالأرض ،

وثبت على كل منهما ناقوساً صغيراً ، وعلق بين الناقوسين كرة صغيرة من المعدن بخيط من الحرير ، حتى إذا تكهرب القضيب الأول بتأثير كهربائية السحب ، انجذبت الـكرة إلى الناقوس المتصل به فطرقته وتكهربت بالتلامس بنوع كهربائيته ، فتنفر عنه منجذبة إلى الناقوس الآخر فتطرقه وتفقد بملامسته كهربائيتها ، وتنجذب مرة أخرى إلى الناقوس الأول وهكذا ، فيدق الناقوسان منبئين بدنو السحب المتكهربة .

« وقد انتشر ذكر تجارب فرنكلين هذه وبحوثه فى أمريكا وأوروبا ، وطبقت مانعة الصواعق التى اقترحها لوقاية المبانى على الرغم من معارضة بعض رجال الدين فى ذلك . وأقر أعضاء الجمعية الملـكية فى لندن بصدق آرائه ونظرياته ، ومنحوه مدلاة (مدالية) ثم انتخبوه سنة ١٧٥٦ عضواً إقراراً بفضله » .

ولم تكن توصل فى بعض الأحيان هذه الموصلات بالأرض ، بل كانت توصل بجهاز خاص لقياس مقدار الـكهربائية ، كما أنها كانت توصل أحيانا بزجاجة ليد لجمعها . وأجرى رتشمان فى بتروغراد تجارب فى هـذا الصدد ، و بينما كان هو وصديق له يلاحظان الآلة القائسة ، رأى ذلك الصديق كرة من نار زرقاء تخرج من القضيب وتنقض على رأس رتشمان فتقتله على الفور .

على أن موت ذلك الرجل لم يثر فى القلوب فزعاً ، بل أثار حسداً ، وتمنى بعضهم لو مات بمثل هـذه الميتة المشرفة . واهتم العلميون بموت رتشمان وفحصوا جثته ، فكان أول وآخر ضحية فى هـذا الصدد ، لأن الذين تبعوه اتخذوا من موته الحيطة التى تقيهم مثل هذه الأخطار .

أما فرنكلين فلم تتح له أعماله السياسية الاستمرار فى بحوثه الـكهربائية ، وظل يكافح إلى أن دحر الطغاة ، و بلغ من استقلال بلاده غاية ما تمناه .

وهكذا الحياة عقيدة وجهاد .

الفصل الثاني عشر

التيار الكهربائي

استخدمت الآلة الكهربائية التي مر بنا ذكرها في الفصل الماضي في استخلاص ما سميناه « السيال الكهربائي » من جسم ما بدلكه . ورأينا أن ذلك السيال يحدث أثناء سيره في الهواء شرارة وضوءاً ، ورأيناه يؤلم الإصبع ، ويحدث في حالة ما لو كان كبيراً صدمة قوية قاسية تقتل صغار الحيوان ، ورأيناه في صيغة البرق أو الصاعقة يقتل الإنسان .

وقد سمى فرنكلين هذا السيال كما مر بنا « النار الكهربائية » ، وظن أنه سيال دقيق جداً ولطيف جداً ، وأنه موزع في الطبيعة كلها ، وأنه سبب الحوادث الكهربائية جميعها .

ولما وجد أن خيطي الحرير المشحونين بالكهربائية يتنافران استنتج أن جزءاً من السيال الكهربائي يؤثر بالتنافر في أي جزء آخر منه . وكان يرى أنه إذا دلك جسم جسما آخر فإن بعض السيال ينفصل من أحدهما لكي يمتصه الآخر ، فإذا ما تم ذلك تجاذب الجسمان بنسبة مقدار ذلك الجزء الممتص من السيال الكهربائي . وعلى ذلك فهناك تجاذب وتنافر كهربائيان ، وأن التجاذب إنما يحدث بين السيال الكهربائي وأي جسم يكون قد فقد القدر المعتاد الذي يخصه من هذا السيال ، وأن التنافر يحدث بين أجزاء من السيال نفسه وأيضاً بين جزءين من المادة فقدا بعض سيالهما الكهربائي . ومن ثم اعتقد فرنكلين أن علم الكهربائية بأجمعه يمكن أن يقام على دراسة حركة السيال الكهربائي وتوزيعه .

السيال الكهربائي عديم الوزن

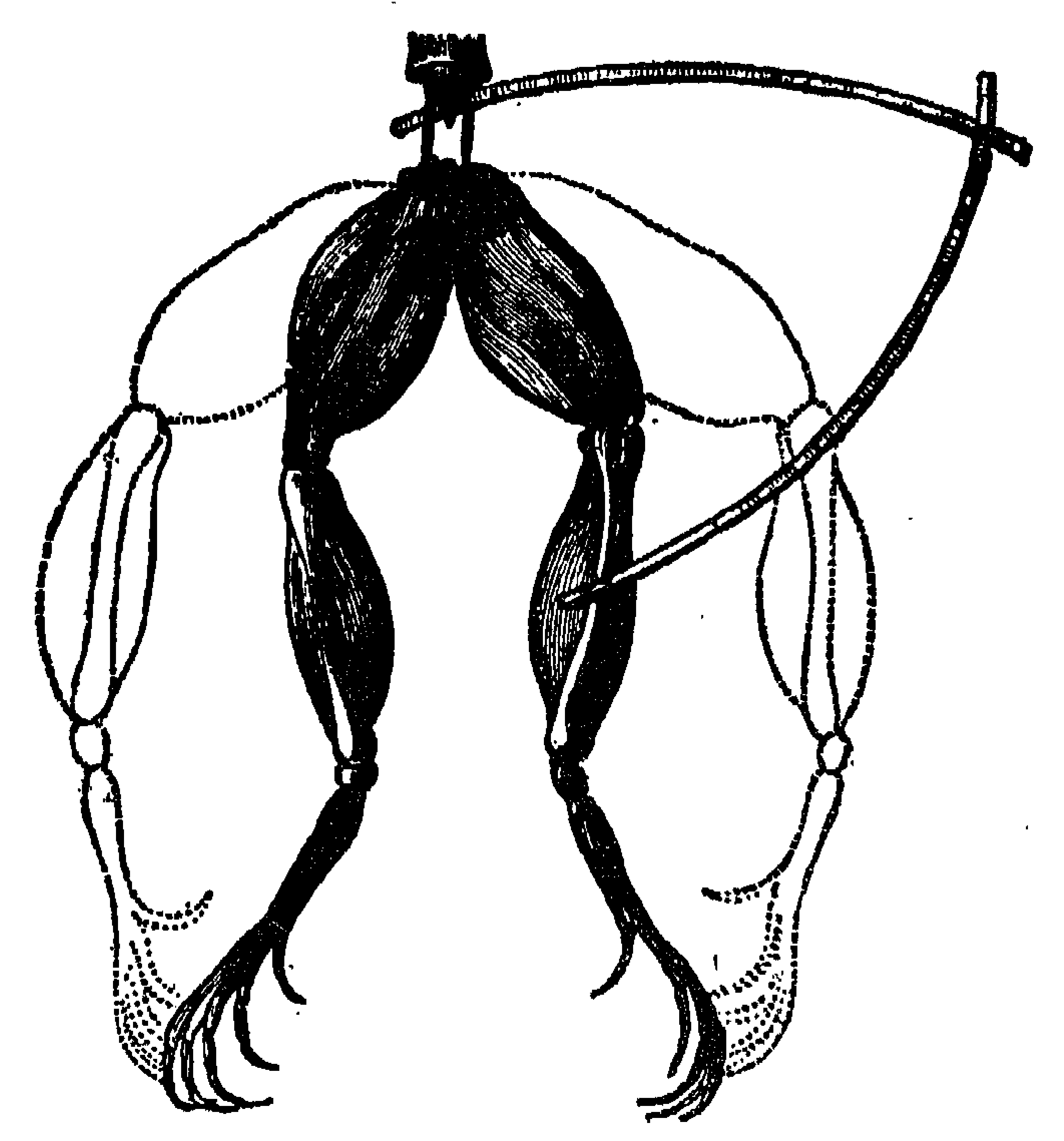
وحاول فرنكلين أيضاً أن يجد ما إذا كان ينقص وزن الجسم بعد فقده جزءاً من

سياله الـكهربائى الطبيعى الموجود فيه أم لا ، ولـكنه لم يجد فرقاً بين الوزنين ، فأدى به ذلك إلى القول بأن السيال الـكهربائى لا وزن له . وهو قد عرف الفرق بين الأجسام التى توصل الـكهربائية وتلك التى لا توصلها ، وكان من رأيه أن الأجسام الموصلة يمكنها أن تأخذ من السيال مقداراً كبيراً وتخزنه فى داخل مادتها . وانتهى إلى أنه لا يمكن إلا استخلاص قدر معين من كهربائية أى جسم مهما دُلك ، وفرض أن مقـدار الـكهربائية فى الجسم محدود ، وأنه يمكن الحصول على الحد النهائى للـكهربائية بعد قدر خاص من الدلك . أما كون الآلة تعطى إيراداً ثابتاً من الـكهربائية ، فقد فسره بأن فرض أن الـكهربائية تعود ثانية إليها خلال الهواء . وعلى ذلك فهناك دورة كهربائية مطردة ، أو بعبارة أخرى يوجد نوع من تيار كهربائى ، ولكنهم لم يصلوا فى زمن فرنكلين إلى طريقة يحدثون بها تياراً كهربائياً مطرداً .

وإذا نحن أردنا أن نوازن بين التيار الـكهربائى والتيار المـائى ، فإنه يمكن إجراء الموازنة كما يأتى : البرق والشرارة الـكهربائية يشبهان رشاش المـاء المتساقط من علو كبير ، والمحدث من ثم صوتاً عظيما . وتعطى الآلة الـكهربائية نوعاً من تيار يمكن أن يقارن به جدول ماء يجرى ماؤه على الصخر فيحدث جلبة كبيرة ، على حين أن مقدار المـاء الجارى قليل . وكان الـكشف العظيم الذى تلا ذلك فى الـكهربائية هو كيفية إحـداث تيار مستمر يمكن أن يقارن بانسكاب المـاء من صنبور باستمرار ودون جلبة . وقد وصلوا إلى استكشاف ذلك وإنما بطريقة غير مباشرة .

الـكهربائية الحيوانية وكشف التيار

ففى أواخر القرن الثامن عشر عثروا على نوع غريب من السمك هو السمك الرعاد . فهذا السمك يدافع عن نفسه عند مهاجمته ، وذلك بإطلاق كهربائية تحدث لـكل من يقترب منه صدمة شديدة . فلما تحقق رجال العلم من كهربائية هـذا السمك انحازوا إلى الرأى القائل بأن جميع حركات العضلات كهربائية . وأجرى أحدهم كما سيجىء تجارب على الضفادع كانت نتيجتها مجاهرته بأن نوعاً من البخار الـكهربائى يسرى خلال العضلات



(شكل ٦٤) أثر التيار الكهربائى فى ساق الضفدعة

والأعصاب ، ويُحدث عدا حركة الحيوان أنواع الإحساس عنده . وبذلت جهود كثيرة لاستكشاف هذا البخار الكهربائى أو « الكهربائية الحيوانية » .

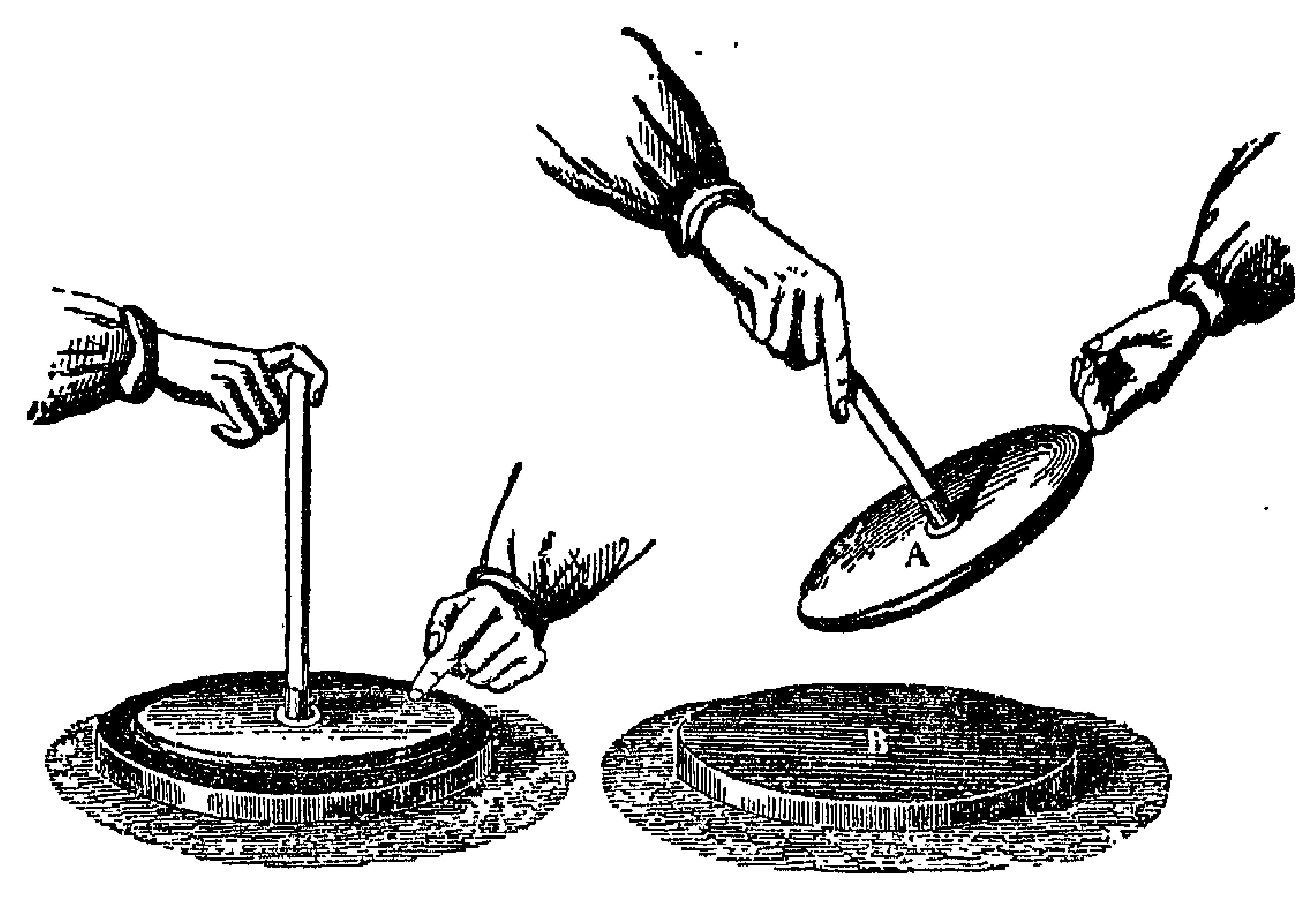
وتبدأ قصة ذلك سنة ١٧٩٠ عند ما شاهد الأستاذ جلفانى الطبيب الإيطالى أول مشاهدة جدية فى هذا الصدد . فقد حدث أن اعتلت صحة زوجته ، فوصف لها أن تأكل أرجل الضفادع . فأجرى الأستاذ تجارب على بعض منها ، ولكنه لم يشر فى بيانه إلى مرض زوجته ، ولا إلى أرجل الضفادع كطعام سائغ ينفع المرضى . وكل ما ذكره أنه وضع النصف الخلفى لضفدعة (يريد رجليها الخلفيتين مع قطعة من عظمة ظهرها) فوق نضد عليه آلة كهربائية بعيدا عن مستودعها . وحدث أن لمس أحد مساعديه بمشرطه أعصاب الرجلين ، فلاحظ لدهشته أن هاتين الرجلين المائتتين قد ارتعدتا ارتعاداً عنيفاً . ونسب مساعد آخر حدوث ذلك إلى شرارة خرجت من الآلة الكهربائية . ويقول جلفانى فى هذا الصدد :

« إن هـذا المساعد قد لفت نظرى إلى تلك المشاهدة التى أدهشته ، وعلى رغم انشغالى بأمر آخر ذى بال فقد تاقت نفسى توقانا شديداً إلى فحص ذلك واستجلاء أسبابه الخفية . ولذا لمست بمشرطى غـير عصب من أعصاب الضفدعة ، وفى الوقت عينه أحدث أحد مساعدى شرارة من الآلة الـكهربائية فكان التأثير واحدا ، إذ أنه فى كل حالة تقلصت بشدة عضلات الرجلين فى لحظة حدوث الشرارة ، وكأنما قد أصاب الضفدعة تشنج شديد » .

واقتنع جلفانى تمام الإقتناع بأنه استكشف الـكهربائية الحيوانية . واستخلص من تجارب أجراها أنه متى ما لمس معدنان مختلفان أرجل الضفدعة ارتعدت ، وحاول ذلك مع الحديد والنحاس ، ومع الرصاص والفضة ، وتأكد فى النهاية أن الفضة خير موصل للـكهربائية الحيوانية ، وتمسك جلفانى برأيه الخاص فى الـكهربائية الحيوانية ، واستمر يدافع عنه حتى أدركته منيته بعد ذلك بثمان سنوات . وكان رأيه هـذا هو أن حركة الارتعاد نتيجة لتفريغ كهربائى يحدث خلال الساق المعدنية ، كما يحدث فى تفريغ زجاجة ليـد ، وذهب إلى أن التفريغ الـكهربائى يحدث بين الـكهربائية الموجبة التى موضعها العصب ، والـكهربائية السالبة الموجودة على العضلات . وأن الساق المعدنية ما هى إلا موصل ينحصر عمله فى توصيل نوعى الـكهربائية أحدهما بالآخر . ولـكن رأيه هـذا قد هاجمه إيطالى آخر هو فولتا أستاذ الفيزيقا فى جامعة بافيا .

الالكتروفور

وكان فولتا إذ ذاك معروفا فى الأوساط العلمية لاختراعه آلة كهربائية بسيطة تعطى إيراداً مستمراً من الـكهربائية . وتتألف هذه الآلة من قرص مصنوع من الراتينج المخلوط بالطورمنتينا والشمع . ويغطى هذا القرص لوح رفيع من القصدير ذو مقبض من الزجاج . فالقرص يُلطم بجلد الهر أو بخرقة من الصوف ، ثم بعـدئذ يوضع الغطاء القصديرى على القرص ويلمس بالإصبع ، فتتولد بلمسه شرارة صغيرة . وبعد ذلك يرفع الغطاء القصديرى من مقبضه ، فيصبح مشحوناً شحنة كهربائية كبيرة قوية . وبتكرار وضع الغطاء على القرص ، ثم لمسه بالإصبع ، ثم رفعه من مقبضه الزجاجى يمكن الحصول



(شكل ٦٥) الإلكتروفور أو مولد الكهربائية

على أى قدر من الكهربائية دون تجديد شحنة القرص بلطمه من جديد . وسميت هذه الآلة الإلكتروفور أى مولد الكهربائية .

وظل فولتا يعارض نظرية جلفانى الخاصة بالكهربائية الحيوانية إلى أن هدم النظرية من أساسها بعد سلسلة بحوث وتجارب طويلة ناجحة . فمن تجاربه تلك التى بين بها أن الكهربائية التى كشفها جلفانى وسماها كهربائية حيوانية تحدث آثاراً أخرى غير الارتعاد . فقد أخذ ساقاً منثنية نصفها من معدن ونصفها الآخر من معدن آخر ، ثم وضع أحد طرفيها فى الفم ، ولمس بالطرف الآخر الجفن الأعلى للعين . فلما تم التلامس أحس باحساس بصرى غريب . ومن تجاربه أنه أخذ قرصين صغيرين فى حجم قطع النقود ، أحدهما من الرصاص والآخر من الفضة ، ووضع أحدهما فوق اللسان والآخر من تحته ، ثم وصل القرصين معاً فشعر بشىء من الحامض فى فمه يزول إذا ما انفصل القرصان . وأمكنه الحصول على طعمين مختلفين من الحامض عند ما غير موضع القرصين بالنسبة للسان . ولاحظ أن شعوره بهذا الطعم ينعدم لو استعمل قرصين من معدن واحد ، فاستنتج أن التأثير الذى لاحظه جلفانى لا يرجع فى الحقيقة إلى وجود كهربائية حيوانية بل إلى تلامس قطعتين من معدنين مختلفين . وما كانت أرجل الضفدعة فى تجربة جلفانى إلا كما كان اللسان فى تجربته ، أى مجرد موصل للكهربائية التى توجد بمجرد تلامس المعدنين .

الكهربائية بالتلامس

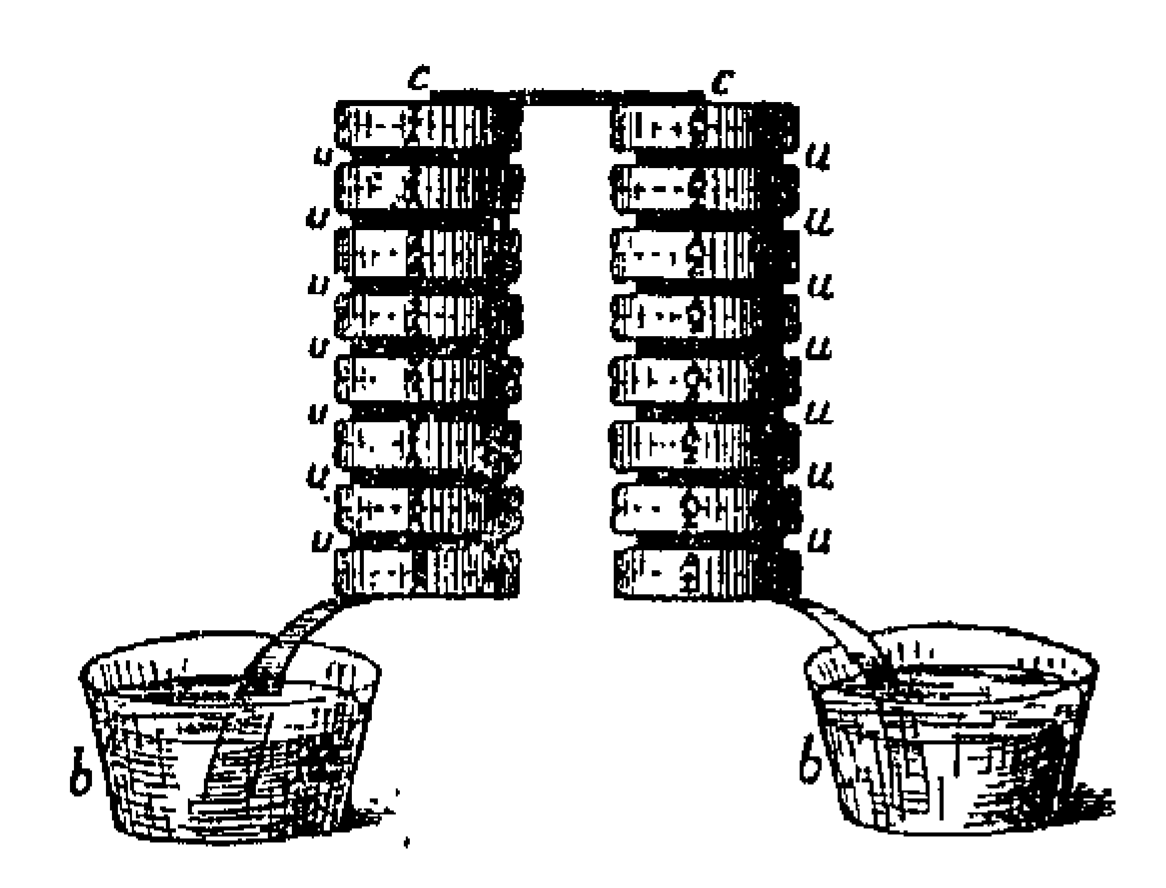
وأجرى فولتا تجارب على عدد كبير من المعادن المختلفة ، وأثبت أن حدوث الكهربائية بالتلامس يمكن إثباته بآلة قائسة من الآلات التى تسمى كشافات كهربائية اخترعها هو وبذل مجهوداً كبيراً فى جعلها دقيقة كبيرة الحساسية . ووجد أن المعادن تختلف فى هذا الصدد اختلافاً بيناً ، إذ يعطى بعضها كثيراً من الكهربائية ، و يعطى بعضها القليل منها ، وقد وجد أن الخارصين والنحاس معاً خير الفلزات كلها فى توليد الكهربائية . وقد وجد أن الخارصين بعد ملامسته النحاس يتكهرب بنوع كهربائية الزجاج المدلوك بالحرير ، ووجد أن النحاس بعد التلامس يتكهرب بنوع كهربائية الشمع أو الراتينج بعد دلكهما بالصوف أو بجلد الهر . وسميت الكهربائية الأولى زجاجية والثانية راتينجية . و يتجاذب نوعا الكهربائية هذان ، و إذا سمح لها بالاتحاد اندفعا معاً وكونا شرارة ثم اختفيا بتاتاً ، فكأنما يمحو الواحد منهما الآخر . و إذا نحن تتبعنا مصطلحات الحساب والجبر أمكن أن نسمى نوعى الكهربائية هذين : الموجب والسالب .

وكان فرنكلين يظن أن الكهربائية الموجبة هى السيال الكهربائى الحقيقى ، وأن السالبة إنما هى فقدان هذا السيال . ولكن ذلك لم يكن إلا مجرد حدس منه ، إذ أنه قد كان له أن يحدس العكس أيضاً . ولو أنه فعل لكان أقرب إلى الصواب . وعلى كل حال فالواقع أنه لم تكن تعرف فى ذلك الوقت طريقة لمعرفة السيال الكهربائى الحقيقى ، ولا لمعرفة عدد السيالات الكهربائية الممكنة . غير أن فولتا كان واثقاً من وجود الكهربائية الزجاجية والراتينجية ، أما جلفانى فقد قال عدا ذلك بوجود سيال ثالث سماه الكهربائية الحيوانية .

عمود فولتا

واستطاع فولتا بعد كثير من التجارب أن يرتب المعادن الشهيرة فى صفوف بحيث إذا لامس معدن منها آخر يليه فى الترتيب تكهرب الأول بكهربائية موجبة ، والثانى بكهربائية سالبة . وكانت هذه السلسلة مرتبة كما يأتى : الخارصين فالرصاص فالقصدير

فالحديد فالنحاس فالفضة فالذهب . ووجـد أن الخارصين لا يمكن أن يتكهرب بالتلامس كهربائية سالبة ، وأن الذهب لا يمكن أن يتكهرب كهربائية موجبة . وكلما تباعد المعدنان المتماسان فى جدول الترتيب اشتد التكهرب . وعلى ذلك فأشد تكهرب يحدث بتلامس الخارصين والذهب . ورأى أيضاً أنه إذا وضع أقراصاً من معادن مختلفة بعضها فوق الآخر فإنه يحصل على أكبر أثر كهربى ، ولكنه وجد أن الأثر يبقى كما هو ، أى كما لو تلامس كلاهما رأساً من غير أن تتوسط بينهما الأقراص الأخرى . ولكن إذا رتبت هذه الأقراص أزواجاً كل زوجين منهما يتلامسان ، وكان أحدهما من النحاس مثلا والآخر من الخارصين ثم وضعت هذه الأزواج بعضها فوق الآخر بنظام واحد وبحيث يفصل بين كل اثنين منها ورق مقوى أو جلد أو نسيج مندى بماء أو بحامض الكبريتيك المخفف ، فإن الأثر الكهربائى يكون شديداً ، تزيد شدته كلما زاد عدد الأزواج . وفعلا ثبت أربعة قضبان



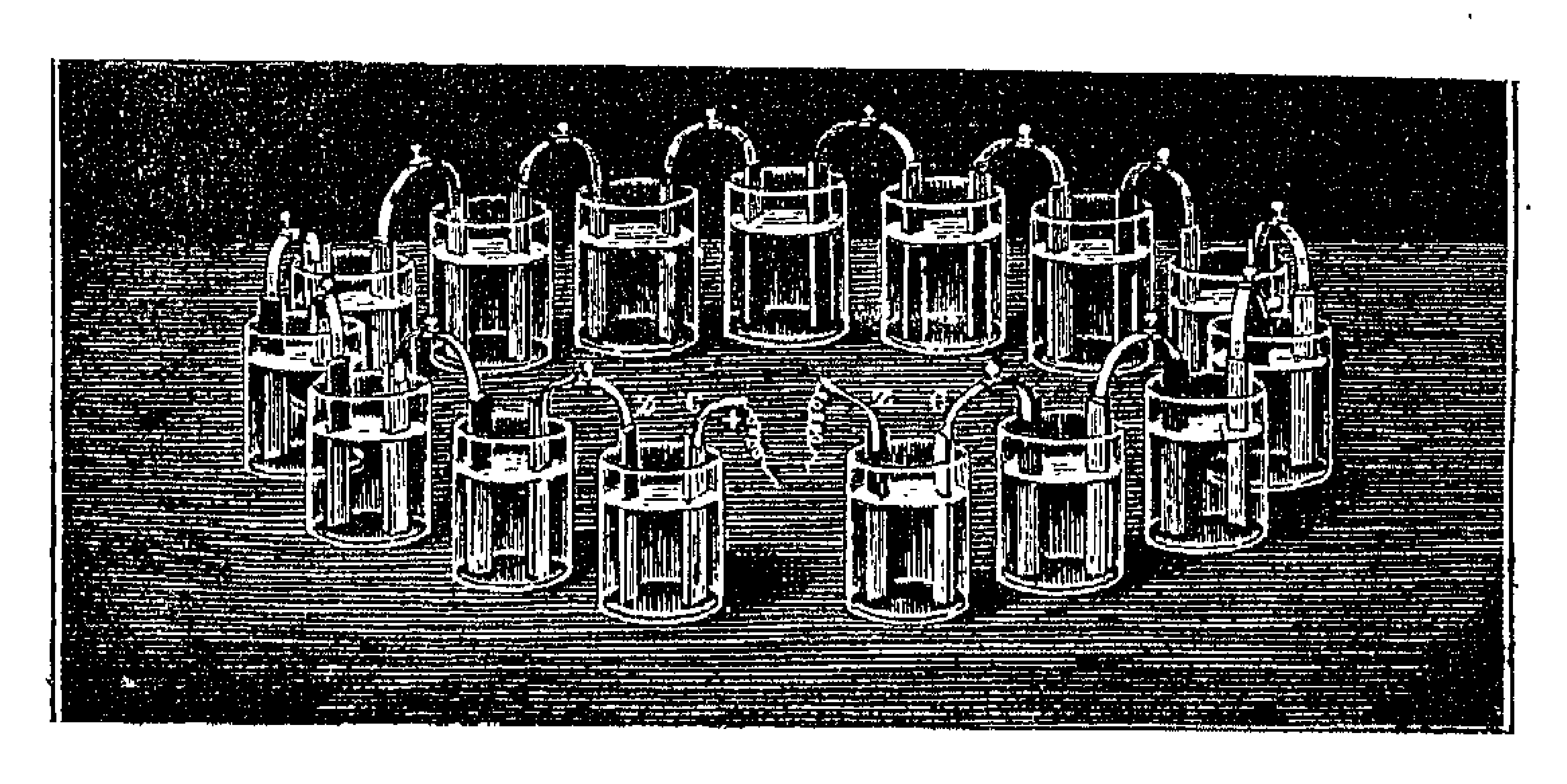
(شكل ٦٦) عمود فولتا

من الزجاج فى وضع رأسى ، وجاء بعـدد من أقراص الخارصين والنحاس والورق المندى بالماء الملح ، ثم وضع قرصاً من النحاس فى القرار بين القضبان الزجاجية الأربعة . وفوق هذا وضع قرصاً من الخارصين فقطعة من الورق المقوى المندى ، ثم لوحاً من النحاس فلوحاً من الخارصين فقطعة أخرى من الورق ، وهكذا إلى أن تكون لديه عمود كبير من تلك الأقراص المزدوجة ، وهذا العمود هو الذى يعرف منذ ذلك الوقت إلى يومنا باسم عمود فولتا . ولما تم له استكشاف هذا العمود أرسل سنة ١٨٠٠ خطاباً إلى رئيس الجمعية الملكية بلندن ضمنه شرحاً مستفيضاً له نشر فى مجلة تلك الجمعية ، وذاع أمره سريعاً فى انجلترا وغيرها من ممالك أوروبا .

العمود البسيط والتيار

على أن الشرارة التى حصل عليها فولتا من عموده هذا لما وصل بسلك أعلاه بأسفله

كانت صغيرة ، ورأى أن يسميه « العضو الكهربائى الصناعى » لكى يلفت النظر إلى المشابهة بينه وبين العضو الكهربائى فى السمك الرعاد . وما كان هذا العمود ليعمر طويلا فماؤه إما أن يجف ، وإما أن يسيل من الجوانب إذا كان كثيراً ، وبذلك لا يتم التماس بين المعدنين المختلفين . فاخترع لهذا جهازاً آخر سماه « تاج الكؤوس » ، ويتركب من سلسلة كؤوس تحتوى على الماء الملح أو على حامض الكبريتيك المخفف ، وقد غمرت فى سائل كل كأس قطعتان ، إحداهما من النحاس والأخرى من الخارصين ، ووصلت الكؤوس على التوالى ، أى وصلت قطعة الخارصين فى إحداها بقطعة النحاس فى الكأس



(شكل ٦٧) تاج الكؤوس

المجاورة . وبذلك يمكن أن يحدث فى قطعة النحاس فى الكأس الأولى وقطعة الخارصين فى الكأس الأخيرة تلامس فتكهرب قد يؤدى إلى حدوث شرر صغير إذا ما تقاربت القطعتان . وذلك هو العمود البسيط الذى كان فولتا أول من اخترعه وأول من استطاع أن يجهز بطارية كهربائية بتجهيز عدة أعمدة بسيطة ثم توصيلها على التوالى .

تحليل الماء بالتيار وكشف بعض العناصر

ولم يكن مجرد حدوث الشرارة الكهربائية من العمود أو من تاج الكؤوس يكفى لإثبات أن هذه الكهربائية هى نفس الكهربائية التى تحدثها الآلة الكهربائية ، ولكن ذلك الشك لم يدم طويلا . ففى سنة ١٧٨٩ استخدمت زجاجة ليد فى تحليل الماء إلى الغازين المكونين له وهما الإيدروجين والأكسيجين ، وذلك بجعل الشرارة تسرى خلال

الماء جملة مرات . وقد وجد أن هذا التحليل يتم بفعل التيار الكهربائى الحادث من عمود فولتا ، ومن الغريب أن ذلك قد جاء مصادفة . فإن رجلا يدعى وليم نكلسن صنع عموداً كعمود فولتا يتركب من أقراص الخارصين والفضة ، ووصل طرفيه بسلك . ولكى يتأكد من دقة التماس وضع على القرص نقطة ماء عند تلامس السلك به . فلاحظ ظهور فقاقيع صغيرة جداً فى نقطة الماء ، وعلى الرغم من أن مقدار الغاز المتصاعد كان صغيراً جداً فقد خيل إليه أنه يشبه غاز الإيدروجين . فأجرى من فوره تجربة أخرى وصل فيها سلكين نحاسيين أحدهما بأعلى العمود والثانى بأسفله ، ثم غمرهما فى الماء فشاهد تصاعد فقاعات من الغاز على السلكين . ولما اختبر الغازين المتصاعدين وجد أحدهما ايدورجيناً والثانى اكسيجيناً . وكانت بحوث كفندش وغيره قد دلت من قبل على أن الماء مركب من هذين العنصرين . فدلت هذه التجربة على أن الماء ينحل بالكهربائية فعلا ، وكان ذلك أولى الخدم التى أداها التيار الكهربائى لعلم الكيمياء .

وتتبع العلماء دراسة هذا الموضوع ، وأفضى البحث سنة ١٨٠٧ بالعالم ديفى إلى كشفه أن الصودا والبوتاسا ليسا عنصرين بل هما مركبان يمكن تحليلهما بالكهربائية . ومن ثم حصل على عنصرى الصوديوم والبوتاسيوم ، ووفق إلى كثير من الكشوف .

واستطاع ديفى بعد ذلك أن يحصل على بطارية قوية تحتوى على ألفى زوج من الأزواج المعدنية ، فأمكنه متابعة بحوثه الكيماوية الكهربائية ، وحصل بوساطتها على ضوء شديد يخطف الأبصار مما سنفصله فى حينه عند الكلام على الضوء الكهربائى .

الفصل الثالث عشر

التلغراف

حينما يتجاذب إثنان أطراف الحديث فإنهما يسلكان فى ذلك طريقاً واحداً من اثنين ، وكلا الطريقين معقد غاية التعقيد فى الواقع . فبالفم واللسان والحلقوم يغير المتكلم تيار الهواء الصادر من الرئتين ، محدثاً فيه اهتزازات متنوعة ، ثم تنتقل هذه الإهتزازات إلى الهواء الخارجي الذى يحملها إلى أذن المستمع . وذاك هو الكلام . وتبدو من المتكلمين إشارات وحركات تراها العين ، فهم يحركون شفاههم وجفونهم وحواجبهم ، ويحركون أيديهم أحيانا ، فتكسب كل حركة من هذه كلامهم صبغة أو قوة خاصة ، وتحدث هذه الحركات أثراً فى موجات الضوء السارية هنا وهناك بين المتكلم والمستمع ، بل فى جميع الجهات . وبهذه الكيفية تساعد العين اللسان والأذن ، أو بعبارة أخرى تساعد الرؤية الكلام .

فإذا ما تباعد شخصان ورغبا فى الكلام فإنهما يصيحان . وكلما طالت المسافة بينهما خفت الصوت شيئاً فشيئاً حتى ينعدم ، ولا يبقى لهما من سبيل إلى التخاطب المباشر إلا الرؤية فقط . ولذا فهما يشيران بأيديهما أو يحركان المناديل أو الرايات المثبتة فى العصى . فإذا ما بلغت المسافة أميالا أخفقت هذه الطريقة أيضاً وأصبح التخاطب بين الاثنين عسيرا جداً . وكان الناس فى القديم يتغلبون على بعد المسافة بإيقاد نيران كبيرة ترى فى الظلام ليلا على بعد عشرة أميالا أو عشرين ميلا ، ويرى دخانها نهاراً وهى على ذلك البعد . ولا تزال بعض القبائل الهمجية تستعمل هذه الطريقة إلى يومنا تنقل بها الأخبار وتتلقاها . أما اليوم فإننا صرنا نستعمل التلغراف والتلفون الكهربائيين السلكيين واللاسلكيين ، لجميع الأغراض التى من هذا القبيل . وقصة اختراع هذه المخترعات شائقة ممتعة ، وسنقتصر فى الحديث هنا على التلغراف الكهربائى السلكى ، مرجئين الحديث فى غيره إلى الفصول القادمة .

التلغراف البصرى

على أن التلغراف الذى سبق هذا التلغراف الكهربائى هو التلغراف البصرى ، الذى اخترعه هوك أحد معاصرى نيوتن من العلماء العلميين . واستعمل هذا التلغراف البصرى لأول مره إبان الثورة الفرنسية . ففى سنة ١٧٩٢ كانت فرنسا كلها مجهزة بشبكة أو مجموعة من عمد الإشارات (السيمافورات) . وتتألف هذه المجموعة من جملة أبراج أقيمت فى أعلاها عمد (سيمافورات) قريبة الشبه جداً (بسيمافورات) السكة الحديدية فى أيامنا الحاضرة . وبهذه المجموعة كان يمكن إرسال رسالة من باريس إلى حدود فرنسا وأطرافها كلها فى بضع ساعات . ولما استعرت الحرب الفرنسية النمساوية سنة ١٨٠٩ ، استعان بها نابليون الكبير ، وهاجم النمساويين على غرة ، إذ لم يمهلهم حتى يأخذوا العدة للقائه ونزاله .

وكان النمساويون متحالفين مع البافاريين الذين قاسوا كثيراً من الويلات فى حروبهم مع نابليون ، فأهابت الحكومة البافارية بعلماء ألمانيا أن يبتكروا نظاماً للتلغراف يفوق ذلك الذى استعمله نابليون ونجح فى استعماله نجاحاً عظيما . فتقدم أحد علماء بلدة ميونخ ، وهو الأستاذ سومرنج ، بعد إعلان الحكومة البافارية رغبتها هذه بأربعة أيام فقط قضاها فى البحث والتنقيب ، بأول تلغراف كهربائى قصره على الحروف الأبجدية الخمسة

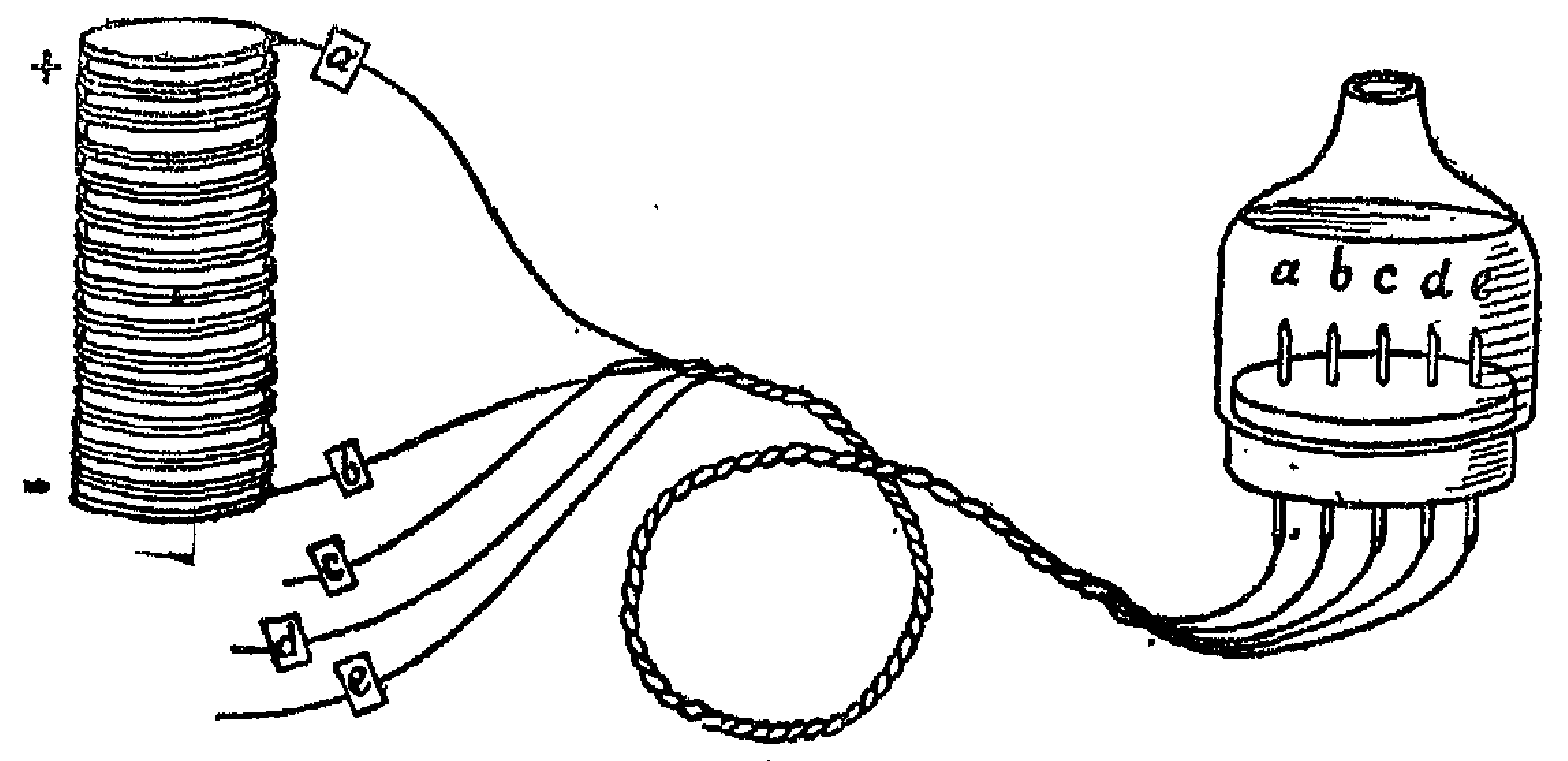
(شكل ٦٨) التلغراف البصرى

الأولى ا ، ب، حـ ، ء ، هـ a,b,c,d,e ، حتى إذا ما نجحت تجربته ضمنه الحروف الهجائية كلها . وكان جهازه غاية فى البساطة فضلاً عن دقته و إحكامه المتناهيين .

أول تلغراف كهربائى

وهو يتألف من عمود فولتى مكوّن من خمسة عشر زوجاً من ألواح معدنية ، لوح من الفضة وآخر من الحديد ، تفصلها بعضها عن بعض طبقات من اللباد المنقوع فى الماء الملح . وكان هذا العمود مصدر الكهربائية المطلوبة .

ففى محطة الاستقبال ، وهى المحطة التى ترسل إليها الإشارة ، يوضع خزان ماء صغير تسده من أسفله قطعة فلين ، و ينفذ من قطعة الفلين هذه خمسة أسلاك تنتهى أطرافها كلها إلى ماء يعلو الفلين و يملأ ذلك الخزان . وهذه الأسلاك الخمسة طويلة وتغطيها طبقة عازلة ، حتى إذا ما لفت معاً مكونة حبلا واحداً لا يحدث بينها اتصال أو تماس فلا تسرى الكهربائية . وتمتد مجموعة الأسلاك الملفوفة هذه ما بين محطتى الإرسال والإستقبال .



(شكل ٦٩) التلغراف الأول الذى اخترعه سومرنج

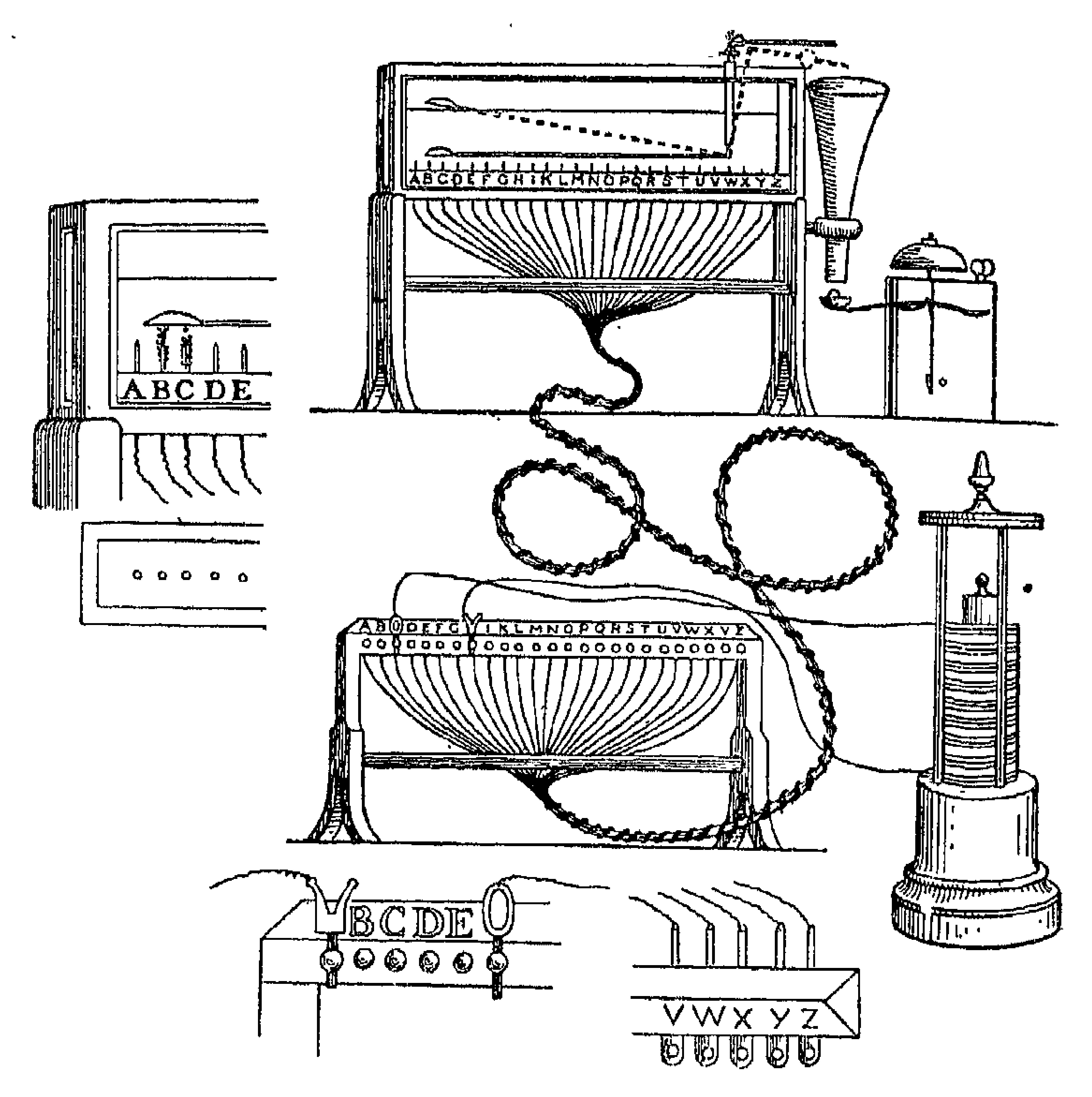
وفى محطة الإرسال يفرط عقد هذه الأسلاك الملفوفة ، وتوضع عند نهاياتها العلامات ا ، ب، حـ ، ء ، هـ . وتعطى قمة العمود الفولتى الموجود فى محطة الإرسال كهربائية موجبة ، ويعطى أسفله كهربائية سالبة . والآن هب أن السلك الذى حرفه ا قد مس أعلى العمود ، ومس السلك الذى حرفه ب أسفل العمود ، فإن تياراً كهربائياً يسرى خلال هذا الحبل الملفوف عن طريق هذين السلكين والماء الذى بينهما ، إذ تتم بذلك الدائرة

الـكهربائية ، ومن ثم ينحل المـاء إلى إيدروجين وأكسيجين ، وتظهر فقاقيع الإيدروجين عند مدخل السلك ب فى الماء . ويرى ذلك العامل المشرف على الجهاز فى محطة الاستقبال فيدرك أن زميله فى محطة الإرسال يبرق له بالحرف ب .

وإذن فمتى أراد العامل فى محطة الإرسال أن يبرق بأى حرف ، فكل ما يصنعه هو أن يجىء بالسلك المقابل لهذا الحرف ويلمس به أسفل العمود ، وأن يصل بأعلاه أى سلك آخر حتى يتم تكوين الدائرة الـكهربائية . وجرت العادة أن يكون السلك الذى يمس أعلى العمود السلك الذى حرفه هو الحرف التالى مباشرة فى الرسالة ، وبذلك يمكن الإبراق بحرفين معاً ، ويتكون على سلك هذا الحرف قليل من الأكسيجين كما هو معروف .

ولـكن هذا الجهاز لا يستطيع أن يرسل أكثر من خمسة حروف مختلفة . فلـكى يتمكن هذا الجهاز من أن يبعث برسالة كاملة كان من الضرورى أن يكون عدد الأسلاك كعدد الحروف الهجائية ، ثم تلف هذه الأسلاك كلها بالطريقة السابقة فتكون حبلا واحداً ، وتثبت أطرافها عند محطة الإرسال فى إطار بوساطة مسامير ذات رؤوس مثقوبة . ويظل سلك متصلا بأعلى العمود الفولتى وآخر بأسفله . وينتهى هذان السلكان بمفتاحين صغيرين يمكن إدخالهما فى ثقوب المسامير ، فيستطيع المرسل بسهولة أن يضع يده على أى حرفين يريد الإبراق بهما . وفى محطة الإستقبال تنفذ أطراف الأسلاك من قرار الإناء المحتوى على المـاء بعد أن توضع عليها الحروف الهجائية المقابلة . ثم يشغل التلغراف على هذا الأساس كما يشغل الجهاز الصغير المشتمل على خمسة حروف فقط .

وقد ابتكر مخترع هـذا الجهاز زيادة على هـذه الحروف نظاماً ميكانيكياً به يمكن أن يدق جرس ليلفت نظر العامل الموجود فى محطة الإستقبال . وهذا الجهاز متقن محكم غاية الإحكام . وهو يتألف من رافعة تتصل بها ملعقة ، تنغمر فى المـاء هذه الملعقة فوق سلكين من أسلاك هذا التلغراف مباشرة وهى فى وضع مقلوب ، أى يكون تجويفها متجهاً إلى أسفل . فعند ما يسرى التيار خلال هذين السلكين يتجمع فى الملعقة الإيدروجين والأكسيجين المتصاعدان فيرفعانها . وبرفعها تنزلق كرة صغيرة خلال قمع ،



(شكل ٧٠) تلغراف سومرنج الكامل

ومنه إلى كفة صغيرة متصلة برافعة تنتهى بساعة دقاقة . ويكفى نزول الكرة لجعل هذه الساعة تدق دقاً متواصلا فيتنبه عامل محطة الاستقبال . وعند ما ينتهى العامل من تسلم الرسالة يعيد الكرة إلى مكانها الأصلى ويملأ زنبرك الساعة الدقاقة ويعيد رافعة الجرس كما كانت لتؤدى عملها من جديد متى احتيج إلى استخدامها .

ولم يمض زمن طويل على ظهور هذا الاختراع البافارى حتى سمع به نابليون فقد أخبره به أحد ضباطه ، وأطلعه على تفصيلاته . وأصغى نابليون إلى شرحه ، ثم أشاح عنه معرضاً كأنما هو أمر لا يستحق الاهتمام وقال « إن ذلك لا يعدو أن يكون مجرد فكرة ألمانية » . وخيل إليه أنه من المستحيل أن تمد أسلاك فى مملكة بأسرها ، وأن تصان هذه الأسلاك فلا يصيبها تلف ، وفضل الاكتفاء بتلغرافه البصرى الذى أدى له عظيم الخدم ، قانعاً به دون التلغراف الكهربائى .

التأثير المغناطيسي للتيار

ولم يستخدم التلغراف الكهربائي استخداماً حقيقياً إلا بعد أن تدخلت الإبرة المغناطيسية فكانت مرشداً ودليلا . ذلك أنه بعد مضى عشرين سنة على ظهور أول جهاز تلغرافى توصل كهربائى دانمركى ، هو العالم هانز كرستيان أرستد أستاذ الفلسفة الطبيعية بجامعة كوبنهاجن إلى كشف مهم جداً كان له أثر عظيم فى علم الكهربائية . فقد خطر له « أن يوصل قطبي بطارية بسلك ويختبر هل كان لهذا السلك تأثير فى إبرة ممغطسة إذا قرب منها ، فأجرى تجربة أول مرة جعل السلك فيها أفقياً ومن تحته الإبرة المغطسة وكان اتجاه السلك عمودياً عليها فلم يشاهد تأثيراً ما فيها ، ولكنه رأى ذات يوم وكان بين يديه بطارية قوية استخدمها فى بعض التجارب فى محاضرة ألقاها أن يجرى تجربته الأولى مرة أخرى ، ويجعل السلك موازياً للابرة لا عمودياً عليها ، فما كان أشد دهشته إذ رأى الإبرة قد انحرفت عن موضعها ، ثم استقرت فى اتجاه كاد يكون عمودياً على اتجاه السلك ، فخطر له أن يعكس التيار الكهربائى فى السلك ، ولما تم له ذلك شاهد أن الإبرة قد انحرفت إلى الجهة المضادة لانحرافها الأول .

« ثم درس أرستد مايحدث عند مد السلك تحت الإبرة ، وكذلك أجرى تجارب بين بها أن التيار الكهربائى فى الإبرة لا يبطله وجود لوح من الزجاج أو الخشب أو صفيحة من المعدن أو طبقة من الماء أو الراتينج بينهما ، وأدرك أن تأثير التيار يمتد فى المكان الذى يحيط به . واستنبط من استقرار الإبرة فى الاتجاه العمودى على السلك أن التأثير عرضى بالنسبة إلى السلك لا طولى ، واستنبط من تضاد الانحراف عند نقل الإبرة من فوق السلك إلى تحته وبالعكس أن هـذا التأثير يحيط بالسلك ، وإذن فهو لم يكشف تأثير التيار الكهربائى فى الإبرة الممغطسة فحسب ، بل أدرك أيضاً وجود ما يعبر عنه بالمجال المغناطيسى للتيار الكهربائى ، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن » .

التلغراف المغناطيسي

أثر هذا الكشف العظيم كل التأثير فى العالم العلمى ، واقترح كثيرون من رجالات

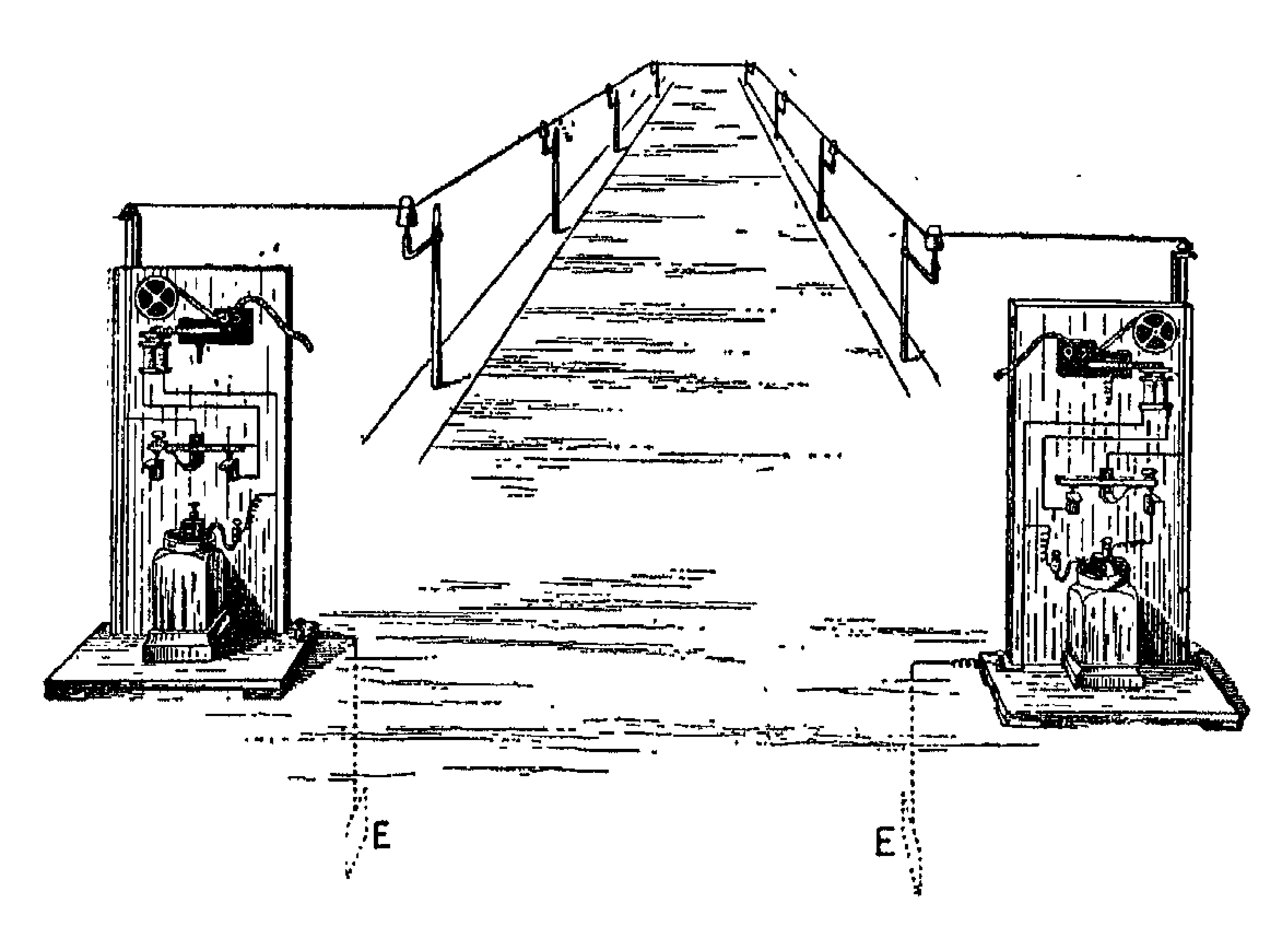
العلم العلميين أن يستخدموه فى التلغراف ، ولكنهم لم يصلوا إلى اختراع أول تلغراف مبنى على هذا الأساس إلا سنة ١٨٣٣ ، فقد أنشأ فى هيدابرج عالمان هما جاوس وفبر تلغرافاً من هذا النوع بين المرصد وقسم « الطبيعة » فى الجامعة ، وكان طول السلك الممتد حوالى ميلين ، وأحدثا فى محطة الاستقبال فى الإبرة المغناطيسية انحرافاً إلى اليمين و إلى الشمال . ثم أدخل بعد ذلك طالب صغير على هذا الجهاز تعديلا بأن وصل بإبرتين مغناطيسيتين قلمين يدونان نقطاً على شريط من الورق يتحرك من تحتهما واستطاع هذا الطالب باستخدامه نوعين مختلفين من الحبر أن يحصل على مجموعات مختلفة من النقط المختلفة اللون لكل حرف من الحروف الأبجدية . فإذا ما دلت جملة نقط على رسالة أمكن بسهولة فك رموزها ومعرفة مضمونها .

ولم يكن التيار الذى استخدم فى هذه التجارب تياراً مستمراً مطرداً من عمود فولتا أو من بطارية كهربائية ، ولكنه كان تياراً يقال له التيار التأثيرى . وقد استكشف هذا التيار التأثيرى سنة ١٨٣١ عالم انجليزى كبير هو العالم ميخاييل فرداى . فقد وجد أنه إذا وضع سلكين متجاورين ثم مرر بأحدهما تياراً فإن تياراً آخر وقتياً يسرى فى الآخر فى اتجاه مضاد للأول على شريطة أن يكون السلك الثانى هذا مكوناً دائرة مغلقة لا خالص الطرفين . ووجد أيضاً أن التيار التأثيرى يحدث بوساطة مغناطيس كبير . وكل ما تحتاج إليه أن تجىء بملف من السلك ثم تدخل فيه المغناطيس بسرعة أو تخرجه منه بسرعة . وكلما كانت حركة الادخال والإخراج سريعة كان التيار الحادث أقوى . وقد كان هذا الكشف بداية عهد الهندسة الكهربائية مما سنفصله عند الكلام على فرداى وكشوفه .

فبهذه الطريقة إذن يمكن إحداث تيار دون استخدام أعمدة أو بطاريات أو أى مواد كياوية . وقد وجد أن هذا النوع من التيارات الكهربائية ذو أهمية فى عمل التلغراف ، وخصوصاً لأن المغناطيس معد دائماً للعمل فى حين أن البطاريات أو الأعمدة الكهربائية عرضة للاجهاد فالتلف . على أن البطارية الكهربائية قد استخدمت بعد فى التلغراف الحديث وظلت إلى يومنا تستعمل فيه ، ولكن بعد أن دخلها من التعديل والتحوير ما جعلها ملائمة وافية بالغرض .

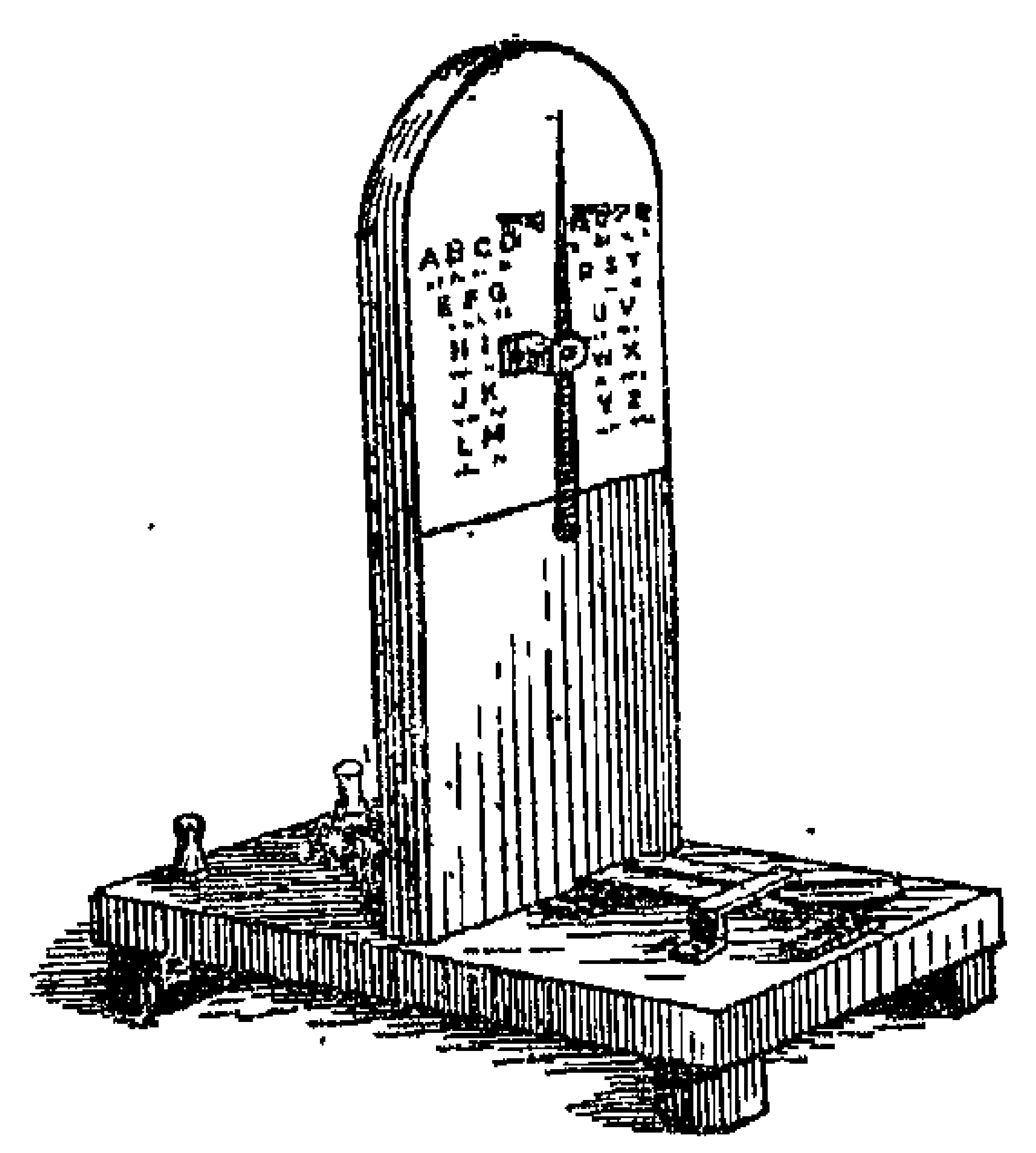
تلغراف مورس

ثم جاء المخترع الأمريكى مورس الذى اخترع فى سنة ١٨٣٥ جهازاً لتلقى الاشارة (هو المستقبل) يتركب من مغناطيس كهربائى إذا مر التيار فى ملفاته انجذبت إلى قطبه حافظة من الحديد ودونت من جراء ذلك علامات مختلفة على شريط من الورق يتحرك بوسيلة آلية ، فإذا كانت مدة دوام التيار الكهربائى وجيزة حدثت نقطة ، و إذا كانت طويلة حدثت شرطة ، وجعل من هذه النقط والشرط رموزاً لحروف الهجاء وغيرها . ولم يمض على هذا الإختراع بضع سنين حتى تحسن وأصلح وعم استعماله . ثم اخترعت بعد ذلك الطرق التى بها يمكن إرسال إشارة واستقبال أخرى عن طريق سلك واحد فى وقت واحد وكذلك الطرق التى يمكن بها إرسال إشارتين على سلك واحد فى وقت واحد ، ثم الجمع بين ذلك مما لا محل للافاضة فيه هنا .



(شكل ٧١) تلغراف مورس وفيه المرسل والمستقبل والآلة المدونة والعمد حاملة الأسلاك

أما فى الأعمال التى لا يحتاج فيها إلى تدوين الإشارة التلغرافية ، فيستعمل تلغراف آخر هو التلغراف ذو الإبرة . وفيه تتبع طريقة مورس أيضاً ، لأن الإبرة تتحرك إلى اليمين



(شكل ٧٢) التلغراف ذو الإبرة

فى حالة النقطة ، و إلى الشمال فى حالة الشرطة .
وأصبح عمال التلغراف بعد قضائهم مدة التمرين يفهمون الرسالة بمجرد إصغائهم إلى صوت الإبرة . ولكن هذه الإبرة قد صارت اليوم كما قلنا مغناطيساً كهربائياً قوياً ، إذا ما سرى فيه التيار جذب إليه قطعة حديد فيحدث من التصادم صوت ؛ ويفهم عامل التلغراف الرسالة بمجرد سماعه الضربات . وهذا الجهاز هو الذى يسمى المستقبل .

التلغراف البحرى

« ولما أخذ العمل فى تطبيق التلغراف يثمر ثمرته المرغوبة ، رؤى أن الاكتفاء بأن تكون الأسلاك التلغرافية منصوبة فى الهواء يجعل الفائدة منه محدودة ؛ ولم يكن ثمت مانع يحول دون مد الأسلاك البحرية متى كانت معزولة عزلا جيداً . وفعلا أجريت بعض التجارب فى هذا الموضوع سنة ١٨٣٧ . ولما آتت نتائج مرضية فى المسافات القصيرة نوعاً مد سنة ١٨٤٥ خط بحرى وصل بين ساحلى المانش توصيلا تلغرافياً ، ثم أنشىء سنة ١٨٥١ خط بحرى دائم يوصل ما بين دوفر وكاليه ، فأدى نجاح هذا المشروع إلى مشروع مد سلك بحرى تعبر بوساطته المراسلات التلغرافية المحيط الأطلسى . وكان كافن فى إبان هذا العهد قد درس موضوع التلغراف البحرى ، وكانت هناك مواضع يختلف فيها هذا عن التلغراف المعتاد . فانغمار السلك الذى يسير فيه التيار الكهربائى فى مياه البحار لا يتطلب أن يكون السلك معزولا عزلا جيدا فحسب بل يغير أيضا من جوهر الموضوع ، لأن عزل السلك يجعل بينه و بين المياه التى تكتنفه وهى موصلة للكهربائية أيضاً ، طبقة من مادة عازلة ، ويتكون من جراء ذلك مكثف له سعة كهربائية معينة ، ودخول موضوع المكثف وسعته فى المسألة يغيرها من الوجهة النظرية . . .

« ومشروع مد الخط البحرى فى المحيط الأطلسى كان مشروعا خطيرا لا من الوجهة المالية فحسب بل من الوجهة الهندسية أيضاً ، إذ لا يخفى أن حبلا غليظا من المعدن ، تحيط به طبقة سميكة من مادة صلبة عازلة ، يبلغ طوله آلاف الأميال ، وليس من سفينة تسعه أو تقوى على حمله إذا أمكن صنعه — إن حبلا مثل هذا ليس من الهين مده فى قرار المحيط على عمق بضعة أميال من سطحه ، وفوق هذه الصعوبات فقد بين كلفن العوامل النظرية الأخرى التى يتوقف عليها نجاح المشروع إذا ما تم إنجازه .

« وكانت آراء كلفن هذه موضع أخذ ورد ، واستحثه ذلك إلى متابعة البحث ، واستطاع أن يبتكر طرقاً خاصة تساعد على سرعة إرسال الإشارات . وفى سنة ١٨٥٦ تكونت شركة لإنجاز هذا المشروع ، وانتخب كلفن واحداً من مديريها ، وكان بينه و بعض مهندسى الشركة اختلاف فى الرأى فى بعض النقط الفنية . وابتدأ العمل فى مد السلك البحرى سنة ١٨٥٧ ، ولكن لم يكد يتم منه غير ثمانين وثلثمائة ميل إلا وقد قصف السلك فجأة ، وكان كلفن على ظهر الباخرة يراقب العمل ، فتبينت له بعض العيوب فى الطريقة التى اتبعت فى مد السلك ، ولما عاد أخذ يدرس موضوع الجلفانومترات (وهى آلات لمعرفة صفة التيار الكهربائى الموجود) لأنه رأى أن خير مستقبل يستعمل فى التلغراف البحرى جلفانومتر حساس . وكان ذلك سببا فى اختراعه الجلفانومتر ذا المرآة المعروف باسمه .

« وتم مد أول سلك بحرى بين ارلندا وكندا سنة ١٨٥٨ ، وكان كلفن يرى ألا تكون قوة التيار الكهربائى كبيرة حتى لا يخشى من التلف على المادة العازلة المحيطة بالسلك أو بالأحرى بالحبل الممدود ، وأن يستعمل جهاز حساس كالجلفانومتر الذى اخترعه كمستقبل . ولكن المهندس المعهود إليه فى مباشرة هذا العمل لم يكن على هذا الرأى . فلم يمر على إتمام مد السلك غير بضعة أيام إلا وظهر أن قد أصابه خلل ، فعهد إلى كلفن نفسه فى مباشرة العمل ، ولكن الخرق كان قد اتسع وصار الخط بعد بضعة أسابيع لا يغنى فتيلا .

« وفى سنة ١٨٦٥ حصلت الشركة الكبرى (الايسترن) على امتياز مد الخط البحرى وكان كلفن خلال الفترة التى انقضت لا يزال على أمل كبير فى نجاح المشروع ، فاستمر

فى دراسته من الوجهة النظرية ، وتتبع إصلاح الأجهزة والأدوات ، وإن كانت المساعى التى بذلت لإنجاز مد السلك قد حبطت هذه المرة أيضاً ، فقد أعيدت الكرة مرة أخرى سنة ١٨٦٦ ، وكلل العمل فى هذه المرة بالنجاح التام .

« وفضل كلفن على التلغراف البحرى لا ينكر ، ولا سيما أنه أصلح من بعد ذلك جهازاً خاصاً بتدوين الإشارات استبدل بالجلفانومتر ذى المرآة ، وعم استعماله فى التلغراف البحرى واعترافاً بفضله فى نجاح المشروع منحته الملكة فكتوريا سنة ١٨٦٦ لقب السير » .

وهكذا يكرم النابغون لنبوغهم ، وهل جزاء الإحسان إلا الإحسان ؟

الفصل الرابع عشر

التلفون

رأينا فى التلغراف الكهربائى أن التيار الكهربائى يستخدم فى هز إبرة مغناطيسية أو تحريك قلم كهربائى على مسافة بعيدة . ورأينا أنه لما طالت المسافة كما فى حالة الأسلاك البحرية التى تصل ما بين أمريكا وأوروبا استعمل جهاز أكثر حساسية من ذلك لاستقبال الرسائل وتدوينها . وهذا الجهاز يتألف من قارورة حبر صغيرة يحركها التيار الكهربائى فى اتجاهين متضادين فتنفث بعض الحبر ، فيسقط على شريط من الورق يتحرك . وبهذه الطريقة تدون الإشارة على الورق دون أن يحدث احتكاك .

ومع هذا فالتلغراف آلة بسيطة جداً ، غير تامة الصقل ، إذا هى قورنت بالتلفون ، لأن التلفون ينقل الكلام نفسه عبر مسافات طويلة قد يعجز حتى الضوء الشديد المنبعث من أعلى فنار أو جبل أن يصل إليها .

ولأن يتكلم شخص فى بلد كالقاهرة فيسمعه آخر فى أسوان ويعى ما يسمع ، فأمر عجيب لا يصدقه أحد ما لم يكن قد جربه بنفسه من قبل . وأعجب ما فيه ليس هو ذلك الكلام المنقول بل هو طول المسافة التى يتم معها التواصل والتخاطب ، وكأن المتخاطبين فى حجرة واحدة . فلماذا يعجزنا طول المسافة إذا نحن اعتمدنا على مجرد الصياح والصراخ ؟

الموجات الصوتية

السبب أننا حين نصيح تحدث موجة صوتية فى الهواء ، وهذه الموجة الصوتية تشبه فى كثير من الوجوه موجة الماء . فإننا حين نرمى حجراً فى بركة ماء فإن الموجة تبدأ من نقطة سقوط الحجر فى الماء ، ثم تنتشر على شكل دوائر تتسع شيئاً فشيئاً . ولا يقف الأمر بهذه الموجات عند اتساعها شيئاً فشيئاً ، بل إنها تضعف كذلك شيئاً فشيئاً كلما

اتسعت . فإذا كانت البركة كبيرة تضعف الموجة كثيراً إلى أن تضمحل فلا يمكن إدراكها عندما تصل إلى الشاطئ .

ولكن إذا كان لدينا بدل البركة قناة أو مجرى ماء ضيق ، ثم لُطِم الماء عند طرف القناة أو المجرى ، فإن الموجة تستطيع أن تسير مسافة طويلة دون أن تضعف كثيراً . وسبب هذا أنها محصورة من الجانبين فلا تستطيع أن تنتشر وتتسع جانبياً . وكذلك إذا نحن تكلمنا فى أنبوبة أو ماسورة طويلة فإن صوتنا يصل إلى مسافة أطول مما لو أطلقناه فى الهواء الفسيح الطاق . وهذا راجع بدوره أيضاً إلى أن الصوت لا يستطيع عندئذ أن ينتشر جانبياً . ولهذا السبب كانت « مواسير الكلام » أكثر ملاءمة فى التخاطب .

فإذا استطعنا أن نرسل نفس الأمواج خلال سلك فقد ننجح فى حمل الصوت إلى مسافة أبعد من المسافة التى تحملها إليه المواسير والأبواق . ويمكن تحقيق ذلك بأن يمد سلك بين علبتين صغيرتين من العلب الصفيحية ، أى أن السلك يمر من ثقب فى قرار إحديهما إلى ثقب فى قرار الأخرى . فإذا ما تكلم شخص فى إحدى العلبتين ، وقرب الثانى الأخرى من أذنه والسلك ممدود مشدود بينهما ، فإن هذا الأخير يسمع بوضوح كلام الأول . وفى هذه الحالة تسير موجة الصوت خلال السلك ، تضغطه آناً وتبسطه آناً ، حتى تصل إلى العلبة الأخرى وتدفع الهواء فيهتز نفس الاهتزاز محدثاً نفس الكلام . فمثل هذا الجهاز هو الذى يسمى « التلفون الميكانيكى » وليست له قيمة من الوجهتين العلمية والعملية ، وأصبحت كلمة « تلفون » فى الواقع تطلق على الجهاز الذى يُشغَّل بالكهربائية والمغناطيسية .

طبيعة الموجات الصوتية

ولكى نفهم العقبات التى كان على مخترع التلفون أن يتخطاها يتحتم علينا أن نفهم أولا طبيعة الموجات الصوتية التى تمثل الكلام . فالكلام يتألف من اهتزازات فى الهواء . وهذه الاهتزازات إنما هى نفخات هواء صغيرة جداً وسريعة جداً نحدثها نحن بوساطة الحنجرة والفم . فإذا أردنا أن نحدث سلسلة نفخات متتالية سريعة فلا يمكن أن يتعدى

عدد هـذه النفخات عشراً فى الثانية . ولو وجد جهاز يعطى نفخات هوائية بأسرع من ذلك ، كأن يكون عددها عشرين فى الثانية مثلا ، فإننا نسمع طنيناً . ويمكن توضيح ذلك بعجلة مسننة (ترس) كتلك التى توجد فى الساعات وإنما تكون كبيرة الحجم . فإذا ما أديرت مثل هـذه العجلة بسرعة ثم عرضنا لأسنانها حافة ورقة مقواة فإن ضربات الأسنان للورقة تتحول بزيادة سرعة الدوران إلى طنين ، ثم فى النهاية إلى نغمة موسيقية . وكلما زادت سرعة العجلة ارتفعت درجة الصوت الحادث .

الدرجة والشدة والنوع

ولـكل نغمة درجتها الخاصة بها ، أى أن لـكل نغمة عدد هزات خاص بها فى كل ثانية من الزمن . فاهتزازات الأنغام التى فى وسط البيانو تنحصر ما بين مائتين وخمسمائة فى الثانية . وقد تكون النغمة شديدة أو فاترة شأنها فى ذلك شأن موجة الماء التى تكون مرتفعة أو منخفضة . المرتفعة يقابلها صوت عالى الشدة . أما المويجات أو التعرجات الصغيرة التى تظهر فى سطح الماء فتقابل نغمة موسيقية حادة جداً (أى مرتفعة الدرجة) ، ولـكنها خافتة (أى منخفضة الشدة) كأصوات الحشرات من صئى وصرير .

فلـكل نغمة درجتها وشدتها . وعدا ذلك فلها نوعها أيضاً . فنحن مثلا قد نستطيع إحداث نغمة واحدة بالكمان أو الناى أو العود أو القانون ، وقد يكون لها نفس الدرجة والشدة . ومع ذلك فيمكن لـكل من يسمعها أن يميز بينها بسهولة . فما هى تلك الخاصية التى تمكننا من تمييز نغمة تحدثها آلة من نفس النغمة تحدثها آلة أخرى ؟ ما هو ذلك الشىء الذى يجعلنا نميز بين أنواع النغمة الواحدة ؟ لا بد أن يكون هناك شىء ما فى مكان ما من الموجات التى تسير فى الهواء وتصل إلى آذاننا .

ظلت هـذه المسألة مستترابة زمناً طويلا إلى أن تحقق العلماء من أنه لا يوجد صوت موسيقى تام البساطة وذلك بسبب الموجات . فقد جرت العادة أن نرى حتى فى الأمواج الـكبرى المائية مويجات أو تعرجات صغيرة تعلو حافتها العليا . فالموجة ذات السطح التام الملاسة نادرة جداً . وكذلك الحال فى الصوت فأنه تكاد لا توجد موجة صوتية تامة البساطة .

فلكل موجة مويجات أو تعرجات أخرى صغيرة تعلوها . وعلى ذلك فالموجة الصادرة عن نغمة ما فى البيانو نوع من هـذه التعرجات أو المويجات الإضافية ، والموجة الصادرة عن نفس النغمة فى الناى أو العود أو الكمان أو القانون أنواع أخرى . ولـكل نوعه الخاص به . لذلك قد تتحد النغمات الصادرة من مختلف الآلات فى الدرجة والشدة ولـكنها تختلف فى النوع .

فالأصوات الموسيقية إذن يمكن أن تتعين بمجرد معرفة درجتها وشدتها ونوعها . ولـكن الأصوات كلها ليست موسيقية . فهناك الدوى وأنواعه كثيرة ، وكثير من ألوان الـكلام أيضا — هذه كلها أصوات ولـكنها ليست موسيقية . على أن الـكلام فى الواقع يتألف من أنغام من جميع الأشكال والأنواع تتمالى وتتعاقب بسرعة ، ولا تستغرق إلا وقتاً قصيراً جداً ، وتتغير بسرعة من نغمة لأخرى .

فمن هذه الأنغام الفحيح والحفيف والصئى ، وهى من أصوات الحشرات ، هى الأعلى درجة . وتلك هى أصعب الأصوات انتقالا فى التلفون . وما كاد يخترع التلغراف الـكهربائى حتى اتجهت فكرة كثيرين من الـكهربائيين إلى وجوب إرسال الـكلام عن طريق الأسلاك الناقلة للتيار .

وهنا أريد أن ألفت النظر إلى أن الـكلام لا ينتقل فى السلك ، بل إن التيار هو الذى ينتقل . وسأعود إلى ذلك فيما سيجىء . فقد عرف الـكهربائيون أن الصوت يتألف من موجات ، فخطر ببالهم أنه إذا قوطع التيار جملة مرات كثيرة فى الثانية فقد يحدث عن هذا التقطع نغم موسيقى . ولم يكن هذا الخاطر وليد الحدس والتخمين بل وليد مشاهدة عارضة حدثت أمام عبقرى شديد الملاحظة .

صوت سير التيار

فبينما كان شارلز جرافتون باج يجرى فى أمريكا بعض التجارب فى المغناطيسيات الـكهربائية لاحظ أن انقطاع التيار أو اتصاله فى ملف المغناطيس الـكهربائى يصحبه صوت خافت يشبه الصوت الحادث من الجسم المعدنى إذا طرق بلطف . فتدرج فى إجراء

التجارب هو وغيره حتى استطاعوا إحداث أصوات متعاقبة من هذا القبيل ، يحدث من تعاقبها وانتظامها نغم موسيقى . حدث ذلك سنة ١٨٣٧ فى أمريكا ، فتحققت الفكرة ولكن تطبيقها فى التلفون جاء بعد نيف وعشرين عاما ، إذ كان لابد من ممهدات تهيأ بها أسباب ذلك .

ففى سنة ١٨٥٤ رأى فرنسى تلغرافىّ يدعى شارل بورسو أنه إذا سقطت موجات الصوت على غشاء رقيق ضمن دائرة كهربائية ، بحيث ينجم عن تذبذبه بتأثير موجات الصوت غلق الدائرة ثم فتحها ، كان من الممكن استخدام التيار الكهربائى الذى يتصل وينقطع على التوالى بهذه الصورة ، فيتذبذب غشاء آخر معد بكيفية ملائمة تذبذباً شبيها بتذبذب الأول ، فيحدث من ثم صوت يماثل الصوت المؤثر فى الغشاء الأول ، وفكر فى أن يشد جلداً على طبلة ، وأن يثبت فى وسط الجلد سلكا رفيعاً مغموس طرفه فى نقطة زئبق ينغمس فيها سلك آخر ، فتحدث من هذا التماس دائرة كهربائية إذا وصل السلكان من الناحية الأخرى ، ورأى أنه عند الكلام يهتز الجلد ويتحرك السلك ، فيخرج طرفه من نقطة الزئبق ثم يدخل فيها ثانية ، وبذلك ينقطع التيار ثم يتصل ؛ وهو ينقطع ويتصل على التوالى بسرعة إذا ما كانت النغمة مرتفعة الدرجة ، وتقل هذه السرعة إذا كانت النغمة منخفضة ، فإذا اتصل بهذا الجهاز فى جهة أخرى جهاز مشابه أمكن نقل الكلام .

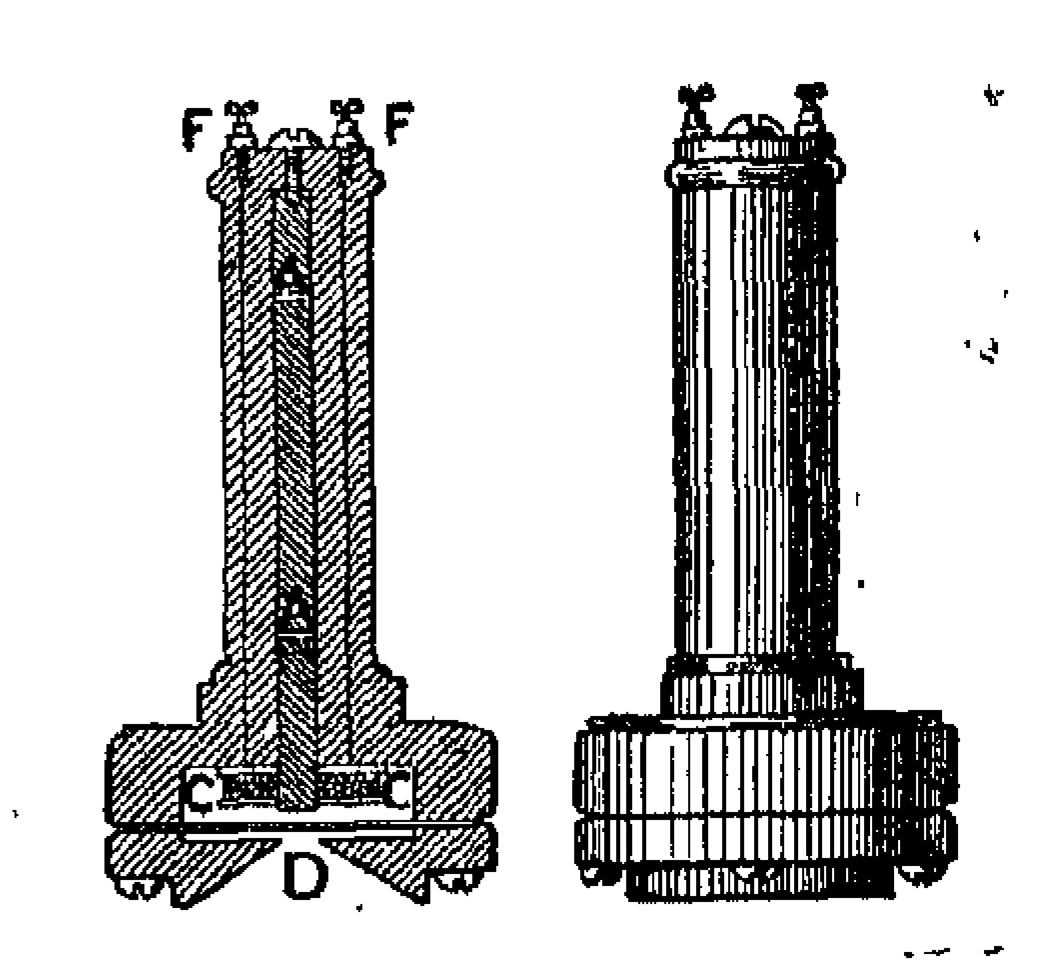
أول تلفون

ونشر بورسو فكرته هذه فى مجلة الإلستراسيون ولكنه لم يحاول تطبيقها عملياً . ولكن فى سنة ١٨٦١ تقدم ألمانى هو الأستاذ فيليب ريس وأخذ على عاتقه إخراج مشروع بورسو إلى حيز العمل مستعيناً بكشف باج السابق ذكره ، فتم له اختراع أول تلفون بالمعنى المعروف اليوم واستطاع أن ينقل به الأنغام الموسيقية فقط لا الكلام . وكان جهازه هذا عجيبة وقته ، ولكنه لم يكن يكسب الأنغام لونها السليم الصحيح . غير أن التيار التأثيرى استطاع أن يعطى تلك الموجات أو التعرجات الدقيقة التى تعلو الموجات

الصوتية فتظهر من ثم نبرات الكلام . ولأمر ما أهملت تجارب ريس وظلت منسية خمسة عشر عاماً . وتوفى ريس سنة ١٨٧٤ فقيراً معدماً مهملا مطوى الذكر . وكاد ينسى موضوع التلفون لولا أن المخترع الأمريكى العظيم جراهام بل كان يواصل البحث إلى أن تم له اختراع التلفون سنة ١٨٧٦ .

تلفون بل

وكانت الفكرة فى حد ذاتها بسيطة جداً خيبت عند ظهورها أمل كثيرين ، شأنها فى ذلك شأن معظم الاختراعات . فالصبى الصغير يستطيع أن يعده ويتكلم به . والواقع أن بل قد عثر من أول الأمر على القاعدة الصحيحة التى يجب على مقتضاها أن يبنى التلفون السليم ، وكان عيب تلفون ريس أنه لا يستجيب لموجات الصوت الدقيقة التى منها يتألف الكلام . فكان من الضرورى صنع آلة حساسة ودقيقة كأذن الأنسان . ولكى يصل بل إلى ذلك استخدم تيارات فرداى التأثيرية .



(شكل ٧٣) تلفون « بل » المغناطيسى

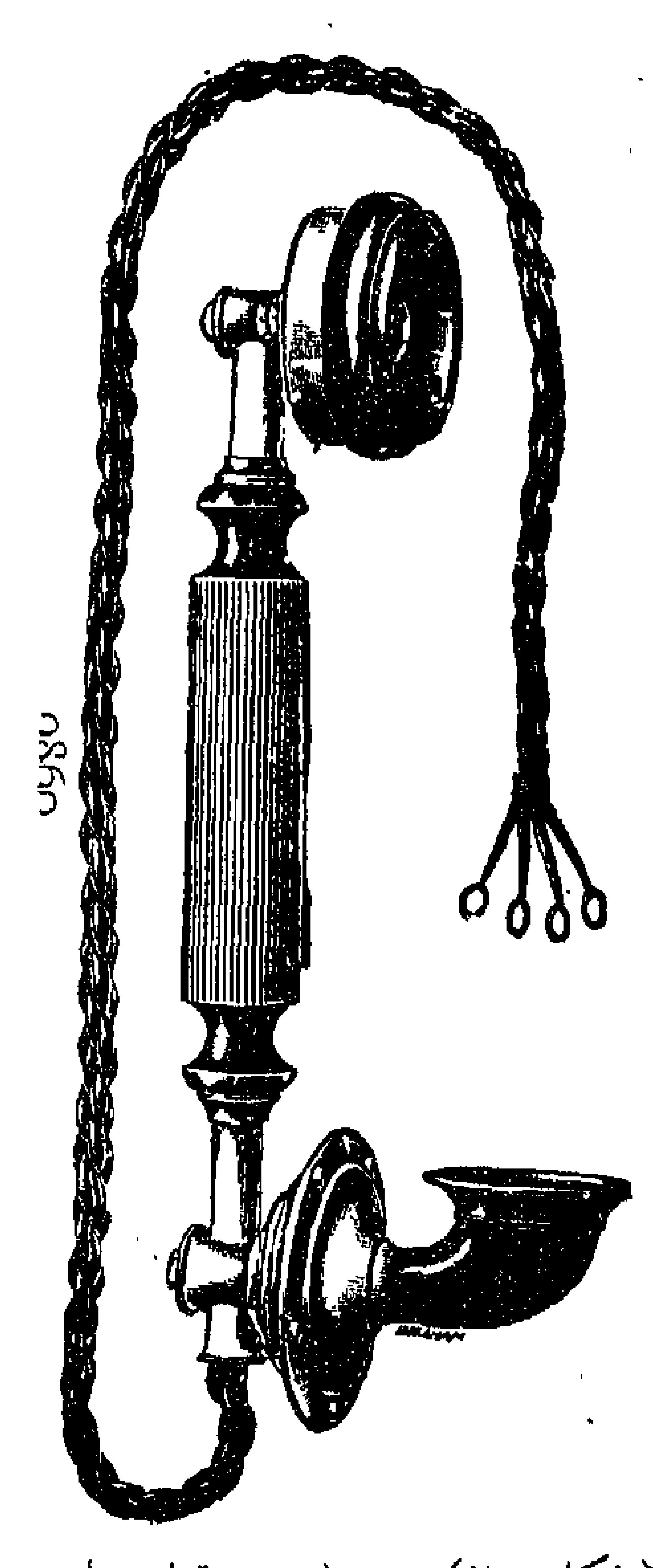
ولقد مر بنا فى الفصل الماضى كيف أن فرداى حينما نزع طربوش المغناطيس الكهربائى ظهر تيار تأثيرى وقتى فى ملف السلك . ويمكن فعلا إحداث تيارات تأثيرية صغيرة بمجرد نزع هذا الغطاء ثم وضعه . فخطرت لبل فكرة تركيب قطعة حديد أمام مغناطيس كهربائى تكون متصلة بغشاء من الجلد حتى إذا ما اهتز بتأثير موجات الصوت اهتزت هى أيضاً من جراء اهتزازه . وجعل المستقبل شبيهاً بالمرسل . فعند الكلام يهتز الغشاء فتهتز معه قطعة الحديد الصغيرة ، فتحدث تيارات ضعيفة وسريعة فى الملف ، وتنتقل هذه التيارات خلال السلك فتصل إلى المستقبل فيسمع الكلام . وذلك لأن التيارات الصغيرة الواصلة إلى ملف المغناطيس الثانى تقوى مغناطيسيته أو تضعفها على التوالى و بسرعة عظيمة ، و بذلك يشتد ثم يضعف جذبها لقطعة الحديد الموجودة فى المستقبل . وعلى ذلك فكل حركة فى غشاء المرسل تحدث

نظيراً لها فى غشاء المستقبل ، فتحدث من ثم فى المستقبل نفس التموجات الهوائية الحادثة فى المرسل . وهذا كل ما يحتاج إليه فى نقل الكلام .

ولكن هذا الجهاز كان لا يزال يعوزه التحسين والتحوير . فأولا نحن نعرف أن المغناطيس الكهربائى يفقد كل مغناطيسيته إذا قطع تيار الملف ، فوجد جراهام بل أنه ليس من الضرورى استعمال مغناطيس كهربائى ، وبدلا من استعمال قطعة حديد مطاوع رأى أن يستعمل قطعة مماثلة من الصلب المغطس مغطسة شديدة . ومثل قطعة الصلب هذه هى التى تسمى المغناطيس الدائم . وقطع المغناطيس التى على شكل حذاء الفرس والتى صبغت بدهان أحمر والتى تعرض فى الأسواق هى من قبيل المغناطيسيات الدائمة . وقد بسّط هذا الاستكشاف المسألة كثيراً ولم تبق بعد حاجة لاستعمال بطارية .

(شكل ٧٤) مرسل كربونى

وثانياً : وجد بل أن غشاء من الصفيح يمكن أن يقوم بالمهمة خيراً من الجلد . وما اعتدنا أن نسميه صفيحاً ليس فى الواقع إلا لوحاً من الحديد غطى من جانبيه بغلاف رقيق جداً من القصدير . ولما كان هذا الغلاف القصديرى لا يؤثر البتة فى القوة المغناطيسية فإن هذا اللوح يعمل كما لو كان كله من الحديد النقى . فعند ما تصل إليه موجات صوتية فإنه يهتز ، واهتزازه يغير مغناطيسية المغناطيس الدائم تغييراً طفيفاً محدثاً تلك التيارات الصغيرة السريعة التى سبق ذكرها . وأصبح الجهاز كله متألفاً من مغناطيسين من الصلب ، وقرصين من الصفيح ، وسلك يكفى الملفين الموجودين حول



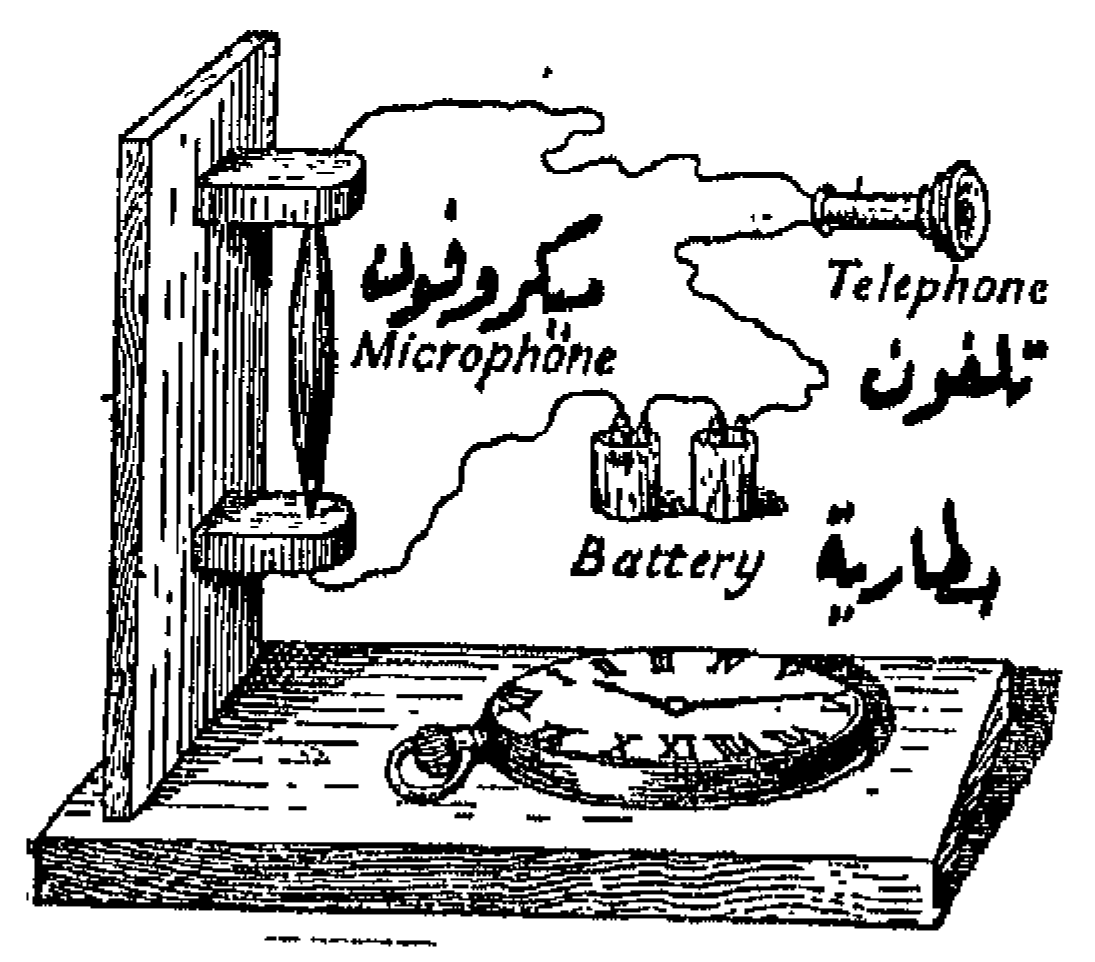
(شكل ٧٥) مرسل ومستقبل معا

المغناطيسين ويكفي طوله لوصل المحطتين ، ومن الصندوقين اللازمين لحفظ القرص والقضيبين المغناطيسيين في وضعهما السليم . والواقع أن هذه الآلة هي أبسط آلة يمكن أن تخترع لكي تقوم بمثل هـذا العمل العظيم . والأعجب من ذلك أن هذا التلفون لا يزال يستعمل إلى وقتنا في استقبال الرسائل التلفونية .

الميكروفون

ومما يدل على جودة هـذه الآلة أنه مضى على ظهورها الآن ما يربو على نصف قرن وهي هي رغم الجهود المبذولة لإدخال تحوير أو تحسين عليها دون جدوى . ولكن جهازه في الجملة من حيث إرسال الكلام واستقباله غير متقن . فيـه ما يعوق صلاحه لمحاكاة الأصوات على أبعاد كبيرة . فاقترح في ذلك الحين إديسون استعمال الكربون في المرسل ولكن جهازه لم يكن ذا أثر يذكر في تقدم التلفون من الوجهة التطبيقية . ولقد أحيا الجهاز الجديد من بعض الوجوه فكرة ريس ، غير أنه بدلا من قطع الدائرة ثم وصلها رؤى إضعاف التيار وتقويتـه على التوالي عن طريق تقوية التماس ثم إضعافه . وقد تم ذلك سنة ١٨٧٨ لما اخترع دافيد ادوارد هيوز الجهاز الذي سماه « ميكروفون » .

فقد استخدم هيوز قاعدة التماس السائب هذه فابتكر هـذا الجهاز الذي ربما كان أعجب وأبسط من التلفون . فالتيار يرسل خلال تلفون بل وقطعتي كربون يصل بينهما قلم من الكربون سائب الوضع بينهما . وركب الجميع على لوح من الخشب . فأقل صوت يحدث في اللوح يستحيل صوتاً عالياً في سماعة التلفون . وحتى

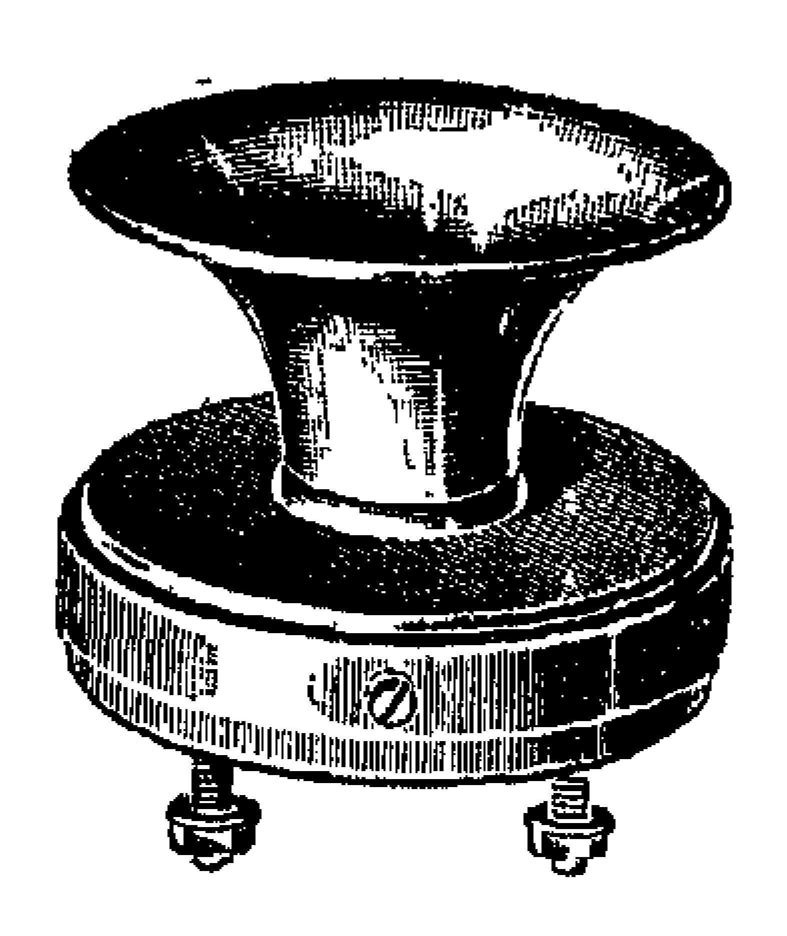


(شكل ٧٦) ميكروفون ذو قلم كربوني يهتز بين قطعتي كربون

إذا سارت ذبابة فوق اللوح فإن وقع أقدامها يسمع في التلفون . ونظرية الميكروفون هذه هي التي تستخدم الآن في جميع مرسلات التلفون على اختلاف أنواعها . ففي مرسل بليك تلمس صفيحة المرسل أحـد طرفي سلك متصل بكرة من البلاتين ، ويلمس طرفه الآخر

كرة أخرى من الكربون . فالدائرة الكهربائية هنا لا تنقطع ولكنها تضعف وتقوى على التبادل بضعف التماس بين الكرتين وشدته ، فينتقل الكلام إلى المستقبل ويسمع بوضوح عظيم .

الميكروفون ذو الحبيبات الكربونية



(شكل ٧٧) ميكروفون حبيبات كربونية

ويوجد نوع آخر يعرف بمرسل هننجس يمر التيار فيه من صفيحة المرسل خلال فتات من الكربون موضوعة فى علبة خلف الصفيحة ، فإذا اهتزت الصفيحة من تأثير الكلام تهتز قطع الكربون هذه ، ويؤدى ذلك كما فى حالة مرسل بليك إلى تقوية التضاغط بين فتات الكربون ثم إضعافه على التتالى ، أى إلى اختلاف التماس شدة وضعفاً فتتغير المقاومة الكهربائية ، وتتغير تبعاً لها شدة التيار ، وتتذبذب الصفيحة الرقيقة فى المستقبل محدثة نفس الصوت وهذا المرسل هو المعروف اليوم باسم « الميكروفون ذى الحبيبات الكربونية» . وأصبح التلفون بعد ذلك كشقيقه التلغراف من أبرز علامات المدنية الحديثة فى الوقت الحاضر .

الفصل الخامس عشر

الضوء الكهربائى

ليس الإنسان هو المخلوق الوحيد الذى يستضىء بالضوء الصناعى . بل إن النبات والحيوان يشتركان معه فى ذلك . فبعض النباتات الميكروسكوبية التى نسميها بكتريا تشع الضوء من جسمها . وكل مايحدث فى هذا السبيل أن طاقتها الكيماوية تستحيل طاقة ضوئية . وقد وقف العلماء على ما يقرب من ثلاثين نوعا من هذه البكتريا المضيئة ، ولكن أكثرها شيوعا هى البكتريا الفسفورية . وتوجد البكتريا فى أماكن عدة ، وتوجد فى جروح الإنسان ، وتسبب لها ما أدى فى الغالب إلى تأويلات خرافية . وتوجد عدا البكتريا من النباتات الفطرية نباتات يشع منها الضوء . ففى جنوب أوروبا يوجد النبات المضىء الشهير المسمى أغاريقون ، وهو الذى ينمو بأسفل أشجار الزيتون . ويوجد أيضا كثير غيره ، وينشأ الضوء فى بعضه بوساطة الخيوط الدقيقة التى يسميها علماء النبات « ميسيليوم » وفى بعضه يضىء قرص النبات الفطرى كله . وهذا إلى أن إضاءة الخشب الذى نخره السوس ، تلك الإضاءة التى عجب لها أرسطو فيما مضى ، راجعة إلى انتشار الميسيليوم ، بل إن بعض الجذور ، مثل جذور عرق الإنجبار الذى يوجد بكثرة فى مراعى انجلترا ، تخترقها خويطات مضيئة . وينطبق هذا على الأوراق التالفة من أوراق شجر البلوط والزان التى قد ترى منثورة على الأرض تلمع فى الظلام . على أن انبعاث هذا الضوء من الخشب المنخور والأوراق التالفة يرجع إلى وجود خيوط فطرية لا إلى البكتريا . وهنا يصح أن نشير إلى أن هذا الضوء ليس منشؤه الفسفور كما هو شائع خطأ .

ويعيش الطحلب المضىء فى التجاويف الصغيرة المعتمة الكائنة بين الصخور . ولكن بريقه إنما ينشأ عن انعكاس أشعة ضوء النهار المتفرقة ، وهذا الانعكاس يحدث من سطوح عاكسة لخلايا جلدية تشبه العدسات فى الشكل . وما هذا التشابه فى الشكل

إلا تكييف لتكوين معظم الضوء الضئيل الحادث، وذلك لأن الضوء للنبات الأخضر هو كل شيء . وما ذلك المظهر البراق الذى قد يؤوله الرائى بأنه ضوء إلا ظاهرة عرضية وهو يشبه من كل الوجوه بريق عيون الهررة فى الظلام . إذ المعروف المحقق أن عين الهر ليست ذات قدرة على إحداث الضوء ، وليست سوى أجسام تعكس الضوء . وترجع هذه القدرة فى عين الهر إلى تلك الطبقة الخلفية الموجودة فيها ، والتى لها صفة المرآة العاكسة ، وليست وظيفة هذه الطبقة أن تجعل العين تبرق فى الظلام ، بل لتمكن الهر من الاستفادة أعظم فائدة خلال هجماته الليلية من ذلك الضوء القليل المستطاع .

الضوء الحيوانى

أما توليد الحيوان للضوء فظاهرة شائعة لدى ما لا يقل عن ست وثلاثين رتبة من رتب الحيوان . وترى هذه الظاهرة فى كثير من قسم الحيوان الشهير باسم انفيوسوريا مثل الحيوان المسمى « ضوء الليل » ، وهو الذى يجعل البحار تضىء ليلا فى الصيف ، وكذلك ترى فى كثير من الحيوانات اللادغة مثل « قلم البحر » و « الديدان البحرية » و « نجمة البحر » وفى كثير من الحيوانات القشرية والحشرات و بعض الحيوانات الرخوة . وفى ضوء بعض الاسكيديا وهى « قرب البحر » يستطيع الإنسان أن يقرأ ليلا . وفى أمريكا حشرات تشع ضوءا أبيض براقا جعل الأهلين هناك يتخذون منها مصابيح فى الليل . وهذه الأضواء الحيوانية فى الواقع تفوق بكثير الأضواء الصناعية التى نحدثها ؛ فهى اقتصادية جداً ، ولا يبذل الحيوان فى إحداثه الضوء إلا جزءاً قليلا من قوته ومجهوده ، ويسميه العلماء « الضوء البارد » لأنه يحدث دون ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً محسوساً ، ويحدث عن غير طريق الحرارة ، وإذن كان ضوء اليراعة أو ضوء الحباحب أرخص أنواع الضوء ، لأنه لا يحدث فقدانا فى الطاقة على صورة حرارة ، وإذن يكون ربح الإنسان عظيما لو أنه وقف على مثل طريقة الإستضاءة هذه .

استضاءة الإنسان

والإنسان منذ عرف كيف يوقد النار استطاع أن يضىء ظلمة الليل الفاحمة ، ولم يعد

يقصر اعتماده فى الإضاءة على الشمس والقمر . على أن النار التى يوقدها الهمجي بحرق كتل الخشب لم تكن تهىء له سبيل الإضاءة فقط ، بل كانت تمده بالحرارة أيضاً ، ولكنها كانت تعطى من الحرارة أكثر مما تعطى من الضوء ، فهى ساخنة لا نستطيع لمسها ، ولكننا نستطيع أن نطلق فيها أبصارنا فلا يؤذينا توهجها . وهى قد تُهيأ فتكون أشد تلألؤا ومع ذلك لا يبهرنا ضياؤها .

وكان قدماء المصريين أول من اخترع المصابيح . وكانت مصابيحهم أوانى مملوءة بالزيت ومجهزة بفتائل مغموسة فيه . وتلا ذلك ظهور الشموع حينما وجدوا أن بعض أنواع الدهن يمكن أن يذوب وينصهر حينما يلمسها الفتيل الساخن . ولكن أحسن أنواع الشمع يعطي ضوءا ضعيفاً إلا إذا أوقدت مئات منه معاً ، وعندئذ يتصاعد بإيقادها مقدار كبير من الدخان . وخير الأضواء ذلك الضوء الذى يكون نيراً متلألئاً لا ينفث حرارة ولا دخاناً ولا تكون له رائحة ، والذى يكون عدا ذلك رخيصاً وجاهزاً يمكن إيقاده على الفور فى أية لحظة وفى أى مكان .

ولقد شهد القرن الماضى تحسينات عجيبة أدخلت على المصابيح ، وقد تتالت هذه التحسينات ، ولكن أيسر أنواع الضوء التى اخترعت حتى اليوم وأفضلها هو الضوء الكهربائى ، فهو لا ينفث دخاناً ، وهو رائق صاف متلألئ ، وهو يوقد ويطفأ بلمسة يسيطة ، وعدا هذا فهو رخيص نسبياً ، وهو يفضل المصابيح الزيتية حيث لا يحتاج فيه إلى فتيل ولا إلى زيت ، وهو يفضل الغاز أيضاً لأنه لا يحتاج إلى ثقاب يشعله ولا إلى شبكة تشع الضوء فضلا عن انعدام خطر الانفجار .

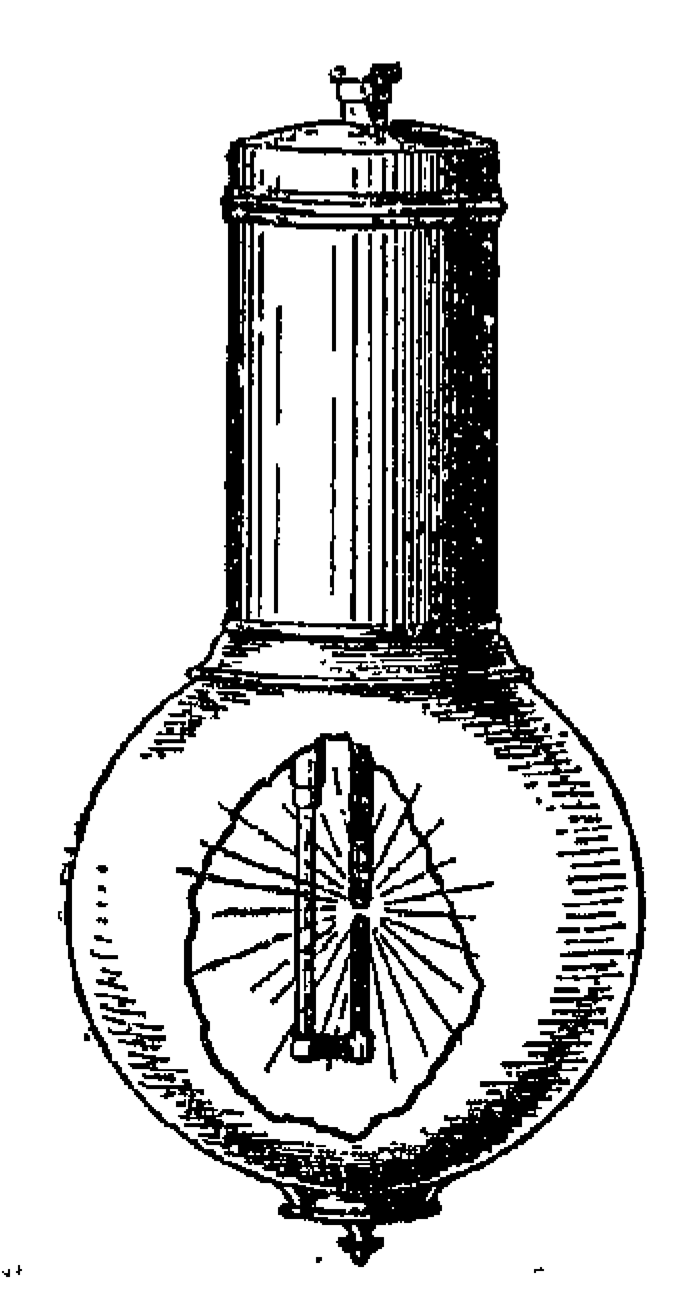
اللهب الكهربائى

واخترع الضوء الكهربائى فى القرن التاسع عشر ، وكان سير همفرى ديفى أول من استحدثه ، فقد كانت لديه فى المعهد الملكى بطارية مؤلفة من ألفى عمود ، وقد وجد ذات يوم أنه حينما وصل قطبيها بسلكين ، ثم قرب طرف أحدهما من طرف الآخر ، ظهر ضوء واضح بينهما . وكان هذا الضوء أو هذا اللهب شديد الحرارة بحيث صهر المعادن التى يصعب

صهرها ومن بينها البلاتين ، فحاول أن يجد مادة لا تنصهر ، وتكون فى الوقت نفسه موصلة للكهربائية . فجرب الفحم النباتى ، ولكنه وجده ردىء التوصيل جداً للكهربائية ، فغمره فى زئبق . وبذلك حصل على موصل جيد لم ينصهر حقيقة فى اللهب الكهربائى غير أنه احترق بسرعة . ومع ذلك فقد عرض هذا الضوء فى المعهد الملكى بانجلترا سنة ١٨٠٨ فأثار دهشة عظيمة .

القوس الكهربائى

وظلت تلك التجربة الأولى والأخيرة فى هذا الصدد حتى منتصف القرن التاسع عشر تقريباً حيث وجدت مادة تحترق ببطء ، وقد وجدت هذه المادة فى قرار البوادق المستخدمة فى صناعة غاز الاستصباح . فعند ما يتصاعد بالتسخين غاز الاستصباح جميعه يبقى فحم الكوك ومادة أخرى سوداء صلبة مندمجة تلصق بقرار البودقة . وقد سميت هذه المادة « الكربون الغازى » ووجد أنها جيدة التوصيل للكهربائية ، وأنها خير مادة تصلح لإجراء تجارب على اللهب الكهربائى . فقطعت على شكل قضبان أو أقلام صغيرة ، وجعل اللهب يظهر بين طرفى قلمين من هذه الأقلام متصلين بالدائرة الكهربائية ومكونين قطبين لها . فاتخذ اللهب شكل قوس انثنى إلى أعلى فوق طرفى القلمين ، وذلك بسبب حرارة اللهب التى أحدثت تياراً هوائياً صاعداً . وسمى اللهب من ثم « القوس الكهربائى » وسمى المصباح الذى يشتمل عليه « المصباح القوسى » . وأمثال هذا المصباح القوسى هى التى تستعمل فى إنارة الشوارع والميادين الفسيحة . فكل مصباح يعدل فى الإضاءة ألوف الشموع الموقدة معاً . والضوء المنبعث من طرفى قلمى الكربون المرتفعة حرارتهما إلى درجة الإبيضاض هو أسطع الأضواء الممكن إحداثها صناعياً .


(شكل ٧٨) المصباح القوسى

ولكن المصباح القوسى شديد الإضاءة جداً ، فلا يمكن استعماله فى الأحوال العادية . فهو يبهر البصر ، ولذلك فهو

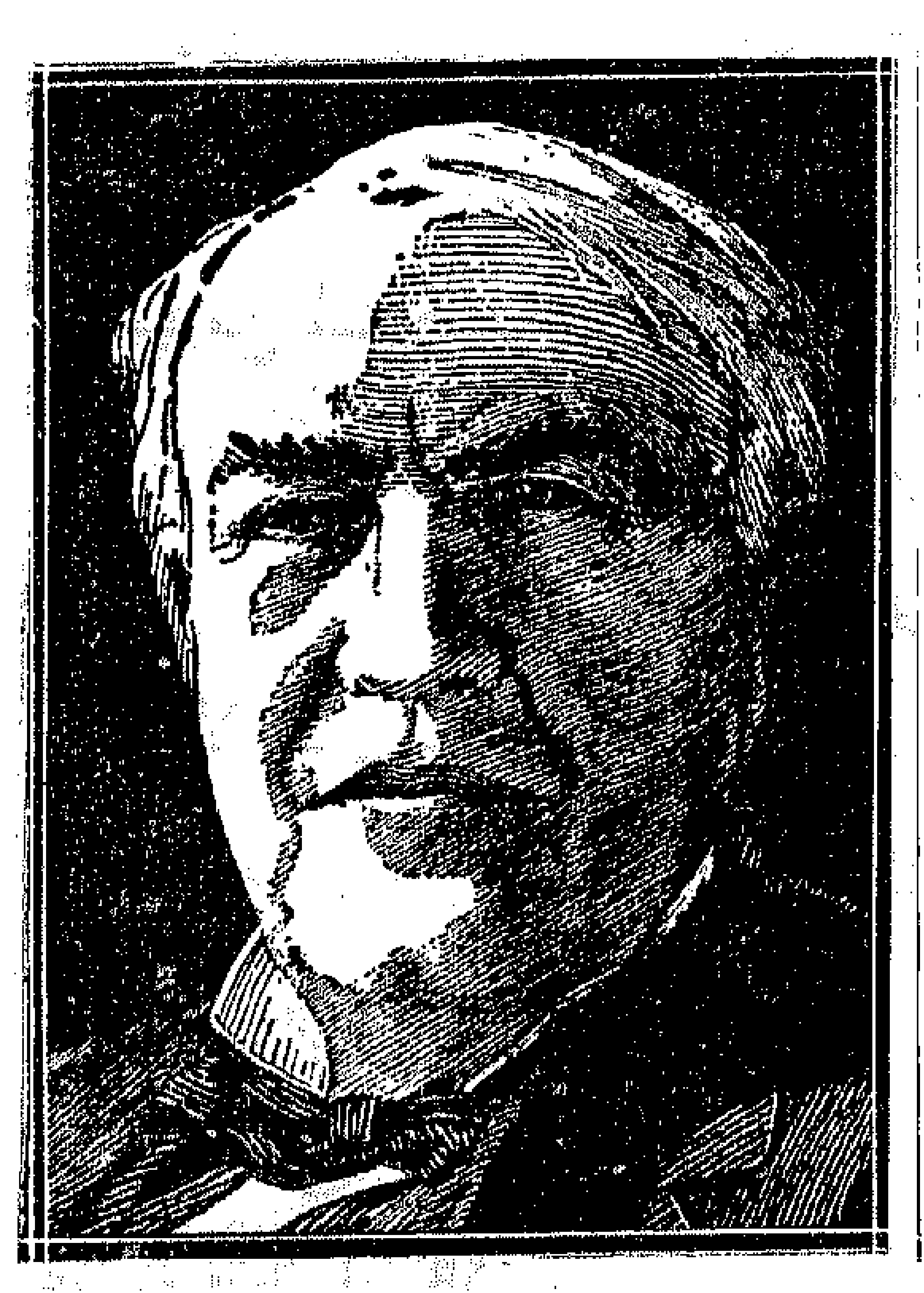
لا يصلح للاستعمال فى حجرة عادية مثلا . وظل الكهربائيون سنين وهم جادون وراء الحصول على نوع آخر من المصابيح الكهربائية لا يبهر ضوؤه الأبصار كما يبهرها القوس الكهربائى بضوئه . وبذل رجلان فى هذا السبيل أكبر مجهود كلل بالنجاح . وهذان الرجلان هما توماس إديسون فى الولايات المتحدة بأمريكا وجوزيف سوان بانجلترا .

اديسون

وقد ولد إديسون سنة ١٨٤٧ ، ولم يلتحق فى حياته بأية مدرسة ، وكل ما تلقاه من الثقافة إنما كان على يدى أمه ، ومع ذلك فقد صار أنبه المخترعين ذكراً فى القرنين التاسع عشر والعشرين دون أن يتخرج فى مدرسة عالية أو جامعة عظيمة . ولكن ولوج باب الابتكار والاختراع لا يتوقف على شهادة علمية أو درجة جامعية بل على العبقرية المقرونة بمضاء العزيمة وتوثب الذهن .

ولما بلغ الثانية عشرة من عمره اشتغل عاملا فى قطار السكة الحديدية يبيع الجرائد فيها . وبلغ من شغفه بها أن تعلم الطباعة ، فلما تعلمها رأى أن يطبع جريدة خاصة به إبان عمله فى عربة العفش فى القطار ، ثم يوزعها على الركاب . وفى ذات يوم أنقذ حياة ابن أحد نظار المحطات ، وقد كاد يدهمه القطار . فاعترافاً له بهذا الجميل علمه ناظر المحطة هذا أعمال التلغراف من إرسال إشارات وتلقى رسالات ، وكان التلغراف قد دخل إذ ذاك فى دور التعميم . فأظهر الفتى إديسون فى أعمال التلغراف مهارة عظيمة ، وسرعان ما عين بين عماله أى أنه عين « تلغرافياً » .

ولما بلغ الحادية والعشرين اخترع تلغرافاً جديداً يدون الرسالة بنفسه . وقد كان هذا الاختراع كبير النفع ، فسألته عدة شركات تلغرافية أن يخترع أشياء أخرى لهم كانوا فى شديد الحاجة إليها . فأقام إديسون لنفسه مصنعاً



(شكل ٧٩) توماس إديسون المخترع الأمريكى

لصنع التلغرافات المدونة ، واضطر بعد بضع سنين إلى بيع مصنعه هذا نظراً لضيقه ، وأسس مصنعاً آخر جديداً كبيراً فى منلو بارك بمدينة نيوجرسى . ونما هذا المصنع واتسع ، ومنه خرجت جميع اختراعاته التى تعدت الألف ، وظل إديسون يعمل فيـه حتى وافاه القدر سنة ١٩٣١ ، فراح مأسوفاً عليه من جميع رجال العـلم ذوى الإجازات العالية . ويقال إنه شغل قبيل وفاته بابتكار جهاز لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر .

ومما يجدر ذكره فى هـذا الصدد ، أنه فى إحدى جلسات تحضير الأرواح المنعقدة فى لندن فى شهر أبريل سنة ١٩٣٨ كما جاء فى عدد مجلة « سايكك نيوز » رقم ٣١٠ الصادر بتاريخ ٣٠ أبريل سـنة ١٩٣٨ خاطب روحه الحاضرين بالصوت المباشر معترفاً بقصوره هو ومركونى عن إعداد هذا الجهاز ومهنئاً الذين نجحوا فى صنع الأجهزة الحديثة لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر ورؤيتها وهى تشغل بعض هذه الأجهزة . ومن هـذه الأجهزة جهاز التليفوكس televox للكلام وجهاز الرفلكتوجراف reflectograph لرؤية الروح متجسداً وهو يكتب عليه وكأنه آلة كاتبة . وقد فصلنا ذلك فى محاضرة لنا ألقيناها فى الجامعة الأمريكية فى نوفمبر سنة ١٩٣٨ ، ونشرها المقتطف فى عددى يناير وفبراير من سنة ١٩٣٩ .

وكانت الفـكرة التى استحوذت على إديسون أن يستخدم الـكهربائية فى جعل الحياة سهلة سارة مستساغة . ولـكى يصل إلى ذلك نراه قد سلك طريقاً يخالف طريق سابقيه من المستكشفين . ففى أوروبا اتجه رجال العلم إلى استكشاف الحقائق العلمية أولا ، فإذا ما استكشفوها حاولوا أن يستنبطوا الطرق التى تستفيد الإنسانية منها . ويرى البعض أن الغرض الأول أهم كثيراً من الثانى . أما إديسون فقد كان يسلك سبيلا أخرى . فهو أولا يسأل نفسه ما هى المسألة الـكبرى التى تستلزم حلا . فلما يجد المسألة يبدأ فى تنفيذها متخذاً جميع الحقائق والمشاهدات التى تتصل من بعد أو من قرب بها . وبعدئذ يبحث عن خير طريق لحلها . وإذا استلزم الأمر إجراء الـكثير من التجارب والبحوث فإنه لا يتأخر عن إجرائها . وبهذه الطريقة كان الرجل لا يخترع اختراعات عظيمة فقط بل كان يصل أيضاً إلى كشوف علمية عظيمة .

مصباح اديسون الكهربائى

ولما اعتزم أن يصنع مصباحا كهربائياً يفى بالغرض عرف أنه عند إرسال تيار قوى فى سلك رفيع يسخن السلك ويحمر أو يبيض من شدة الحرارة ، وبذلك يشع ضوءا . ومثل هذا الضوء لا يكون شديد الوطأة على العين ، وعلى ذلك فهو من هذه الوجهة يفضل القوس الكهربائى . فجرب إديسون جملة أسلاك مختلفة . وعلى الرغم من أن الكثير منها قد شع ضوءاً يفى بالغرض إلا أنها لم تعمر طويلا . فالسلك البلاتينى يمكن أن يصل إلى درجة الابيضاض بالحرارة ، ولكن إلى زمن ما لأنه فى النهاية ينقطع عند جزء منه .

ولما كان القوس الكهربائى لم ينجح إلا عن طريق الكربون ، اتجه بطبيعة الحال فكر إديسون إلى الكربون . والفحم النباتى كما هو معروف كثير المسام ، فضلا عن أن الكربون الغازى لا يمكن سحبه وصنعه أسلاكا . فخطر لإديسون أنه إذا تعرض خيط حريرى إلى حرارة شديدة أسود لونه ، فهو إذن يستحيل كربونا كالفحم النباتى ، ولا يحتاج إلى سحب لأنه يكون رفيعاً جداً . فأجرى تجارب على خيوط من الحرير والقطن والكتان بأن سخنها تسخيناً شديداً فى إناء مغلق ، فأنتجت كلها خيوطا كربونية دقيقة رفيعة ، ولكنها كانت تنقطع لأقل اضطراب يحدث فيها .

ووجد إديسون أن ألياف الخيزران أحسن المواد التى جربها فى هذا الصدد ، وإن تكن قد تلفت بعد أن استعملت فى المصباح ستمائة ساعة .

الشمعة الكهربائية

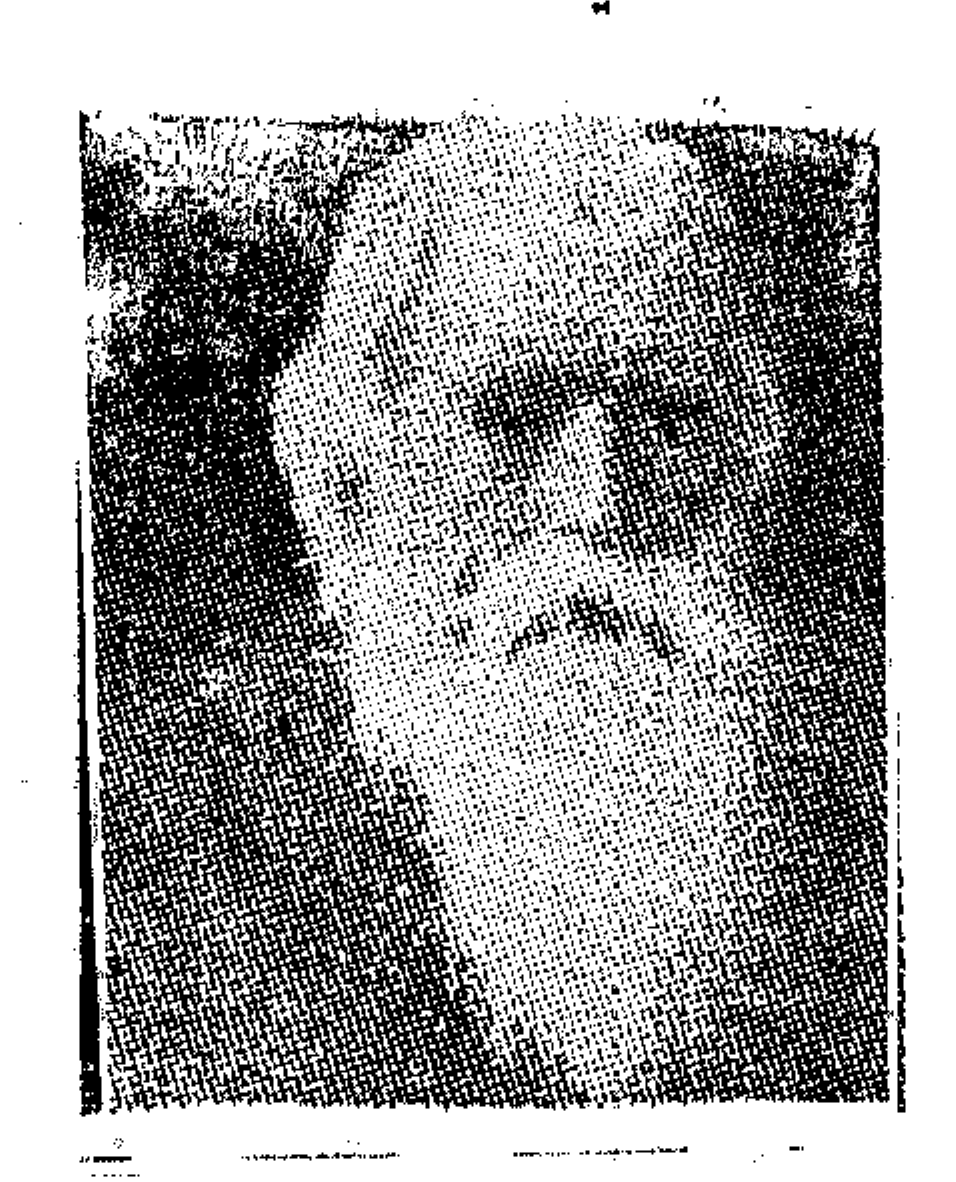
واخترع بعد ذلك ما سماه « الشمعة الكهربائية » وهى قضيب قصير من مسحوق البلاتين المخلوط بالجير . ولكنه انتهى بعد ذلك إلى أنه لا شىء يفى بالغرض إلا سلك من الكربون . ومن الغريب أن جوزيف سوان بانجلترا كان قد وصل فى الوقت ذاته إلى نفس النتيجة . ولم تكن المسألة مسألة توارد فى الخواطر بل كانت نتيجة حتمية لمقدماتها التجريبية ، فقد كان المخترعان على بعد المسافة بينهما يسيران فى اختراعهما جنبا إلى جنب أى يتبعان نفس الخطوات ، فوصلا فى النهاية إلى نتيجة واحدة . وقد حصل إديسون على

نتائج طيبة بخلطه السناج والقطران ، ثم سحبهما معاً وجعلهما سلكا رفيعا . أما سوان فقد نقع خيطاً من الكربون فى حامض كبريتيك لحوله إلى مادة تشبه جلد الكتابة . ثم سود لونه بتعريضه إلى حرارة شديدة . ونجح كلا المخترعين نجاحا عظيما ، وصنعا مصابيح ملائمة من جميع الوجوه .

وسجل كل منهما اختراعه ، وحدثت بينهما منافسة شديدة استغرقت زمنا ما ، ولكنهما رأيا فى النهاية أنه خير لهما أن يتصافيا ويصبحا صديقين لا أن يظلا عدوين . وفعلا تحالفا وصنعت مصابيحهما بطريقة واحدة ، واتفقا على تسميتها باسم «إديسوان» الذى هو مزيج من اسميهما . فالقطن ينقع فى محلول كلورور الخارصين ، فيعطى مادة كالعجينة ، ثم تضغط هذه العجينة لتخرج من خلال ثقب ضيق ، فتنبثق منه على شكل خيط رفيع . ثم يسود هذا الخيط بالتسخين فى بودقة مقفلة مصنوعة من الجرافيت ، وبذلك يتم صنع الليفة المطلوبة . وسميت الليفة شريطا .

جوزيف سوان

وإخال أن لا بد قبل المضى فى الشرح من كلمة عن هذا المخترع الانجليزى العظيم جوزيف سوان . فقد ولد فى سندرلند سنة ١٨٢٨ وتلقى العلم فى منزله فلم يلتحق بمدرسة ولا جامعة ، شأنه فى ذلك شأن زميله إديسون ؛ وتتلمذ فى حانوت صيدلى فى بلدته هذه حتى حذق الصيدلة ، ثم اشتغل بالكيمياء وصار وكيلا لشركة الكيماويين الصناعيين فى نيوكاسل ثم مساهما فيها ، وأدى به اشتغاله فى الكيمياء الصناعية إلى ابتكار تحسينات فى الألواح الفوتوغرافية . وقد سجل سنة ١٨٦٢ اختراعه الأول الخاص بالطباعة الكربونية الشمسية . وفى سنة ١٨٨٠ ابتكر المصباح الكهربائى الذى نحن بصدده ، ثم واصل اختراعاته الكهربائية بعد ذلك . واختير سنة ١٨٩٤ عضوا فى الجمعية الملكية البريطانية . وعين سنة ١٨٩٨ رئيسا لمعهد المهندسين الكهربائيين فى انجلترا ، وظل شاغلا له عشر



(شكل ٨٠)
جوزيف سوان المخترع الإنجليزى

سنين . وفى سنة ١٩٠١ اختير رئيساً لشركة الصناعات الكيماوية ، وفى هذه السنة منحته جامعة درهام شهادة الدكتوراه الفخرية فى العلوم D.Sc. وأخيراً رقى لطبقة الأشراف ومنح لقب سير . وتوفى فى مايو سنة ١٩١٤ .

ومن هذا يتضح أنه لم يسع وراء الحصول على إجازة علمية ، بل إن الإجازة العلمية هى التى سعت إليه .

الوعاء بعد الشريط

ولنعد إلى استئناف البحث فنقول إن الخطوة التى يتحتم أن تلى اختراع الشريط الصالح هى أن يوضع ذلك الشريط فى كرة زجاجية لا أثر للهواء فيها ، لأنه إذا لامس أصغر مقدار من الهواء الشريط وهو متوهج فإنه يحترق على الفور . وكان من السهل جدا تفريغ الهواء كله تقريباً من الكرة الزجاجية ، أو أن يترك فيها جزء من غاز لا يسبب للشريط تلفا . ولكن الشىء الصعب هو تركيب الشريط فى الكرة وإمكان تسيير تيار فيه من الخارج .

وقد تم هذا عن طريق صهر أسلاك بلاتينية رفيعة فى الزجاج . ولا يخفى أن الأسلاك البلاتينية هى الأسلاك الوحيدة التى لا تكسر الزجاج ، لتساوى تمدد البلاتين والزجاج بالحرارة ، ومن ثم لا ينكسر الزجاج . ويوصل الشريط بالسلك البلاتينى بعجينة خاصة . فإذا ما تم هذا يفرغ الهواء من الكرة ثم تسد من أسفلها بصهرها . وتسمى الكرة الزجاجية بصلة ، ويوضع لها عند رقبتها طوق من النحاس ، إما أن يكون محويا وإما أن يخرج منه مسماران لكى يمكن تثبيته فى طوق خارجى محوى أو به فتحتان يستقر فيهما المسماران . ويتصل بالطوق الخارجى التيار الكهربائى . وتستعمل الآن أسلاك رفيعة من التنجستن بدلا من الكربون لكى يقوم مقام الشريط فى المصابيح الكهربائية المتوهجة .

* * *

ويجىء التيار للمصابيح من مصنع خاص يحتوى على آلة بخارية أو آلة ذات احتراق داخلى تدير آلة كهربائية أخرى اسمها الدينامو . والدينامو أساسه التيارات التأثيرية التى

استكشفها فرداى مما سنفصله فى الفصل القادم الخاص بفرداى الذى قضى حياته كلها فى البحث وراء الحقائق الجديدة ، إذ أن الرجل لم يكن يفكر بادئ بدء فى الفائدة التى يجنيها بنو الإنسان من كشوفه لأنه كان يعلم حق العلم أن من ورائه مهندسين ومخترعين على أهبة للانتفاع بكشوفه . وجدير بالمستكشف والمخترع أن يعملا معاً يداً بيد . فالمستكشف يظهر الطريق التى بها تتم الكشوف العلمية ، والمخترع يطبق هذه الكشوف عمليا . والخير الذى يصيب الإنسانية منهما يعود بالأكثر إلى المخترع الذى يعترف له بالفضل أولئك الذين سعدوا بمخترعاته التى رفهت لهم الحياة فى غير جهة واحدة .

على أن اطراد التقدم فى الكشوف العلمية يجعلنا نعتقد أن الإضاءة لا بد متطورة مع هذه الكشوف . ويبدو لنا أن ضوء المستقبل سيكون ذلك الضوء الذى لا تصحبه حرارة غير منظورة من أمثال ضوء اليراعة . والعلم إذا سيطر على المادة وتكوينها فإن كثيراً من العقبات يزول بطبيعة الحال من طريق المخترعين ، لأن الإنسان إذ ذاك لن يقف مكتوف اليدين إزاء العناصر والمركبات الحاضرة ، بل سيكون قادراً على تعديلها التعديل الذى يلائم حاجاته .

الفصل السادس عشر

ميخائيل فرداى

الرجل الذى وضع أساس علمين خطيرين مع أنه عاطل من الإجازات العلمية



(شكل ٨١) ميخائيل فرداى

غريب أن يكون الرجل الذى عمل كثيراً فى تقدم علم الكهربائية وما يتصل به من الناحيتين الهندسية والكيماوية ابن حداد لندنى . لم يتزود من العلوم المدرسية بغير مبادئ القراءة والكتابة والحساب ، ولم يقض وقت فراغه فى غير المنزل والطريق . ابتدأ وهو فى الثالثة عشرة يشتغل لكسب قوته فى دكان يعمل صاحبها فى تجليد الكتب و بيع القديم منها . فلما انقضى عليه عام واحد تعلم صناعة تجليد الكتب وأتقنها ، ولكنها كانت صناعة لا تلائم أطماعه و إن تكن أتاحت له قراءة كثيرمن الكتب التى أتمت له ما نقص من أمر تعليمه ، والتى منها استمد ما مكنه من إجراء تجارب كيماوية وأخرى كهربائية . وكان يحضر بعض المحاضرات التى تلقى فى العلوم الطبيعية متى ما دفع له غيره رسوم حضور هذه المحاضرات .

وعند ما بلغ سن الرشد (٢١ سنة) كان قد استمع لأربع محاضرات ألقاها فى المعهد الملكى بلندن سير همفرى ديفى الذى اخترع مصباح الأمن المستعمل فى المناجم ، فتاقت

نفسه إلى أن يكون من رجال العلوم ، واعتزم منذ ذلك الحين أن يهجر صناعة تجليد الكتب وما إليها من المهن لكى يخلص إلى الاشتغال بالعلوم الطبيعية . وكان بطبيعته يكره الحرف ، ويعتقد أن رجال العلم أجمعين أهل طيبة ورحمة ، وأن العلم هو الذى جعلهم كذلك . فكتب إلى ديفى يرجو أن يقبله مساعداً له فى المعهد ، وأرسل إليه مذكراته التى كان قد عنى بكتابتها عما سمعه من المحاضرات كشهادة يزكى بها نفسه . وأفضى إلى ديفى فى رسالته أن أعز أمنية لديه أن يقفو أثره . فتلقى ديفى رسالته بالقبول ورد عليه يقول :

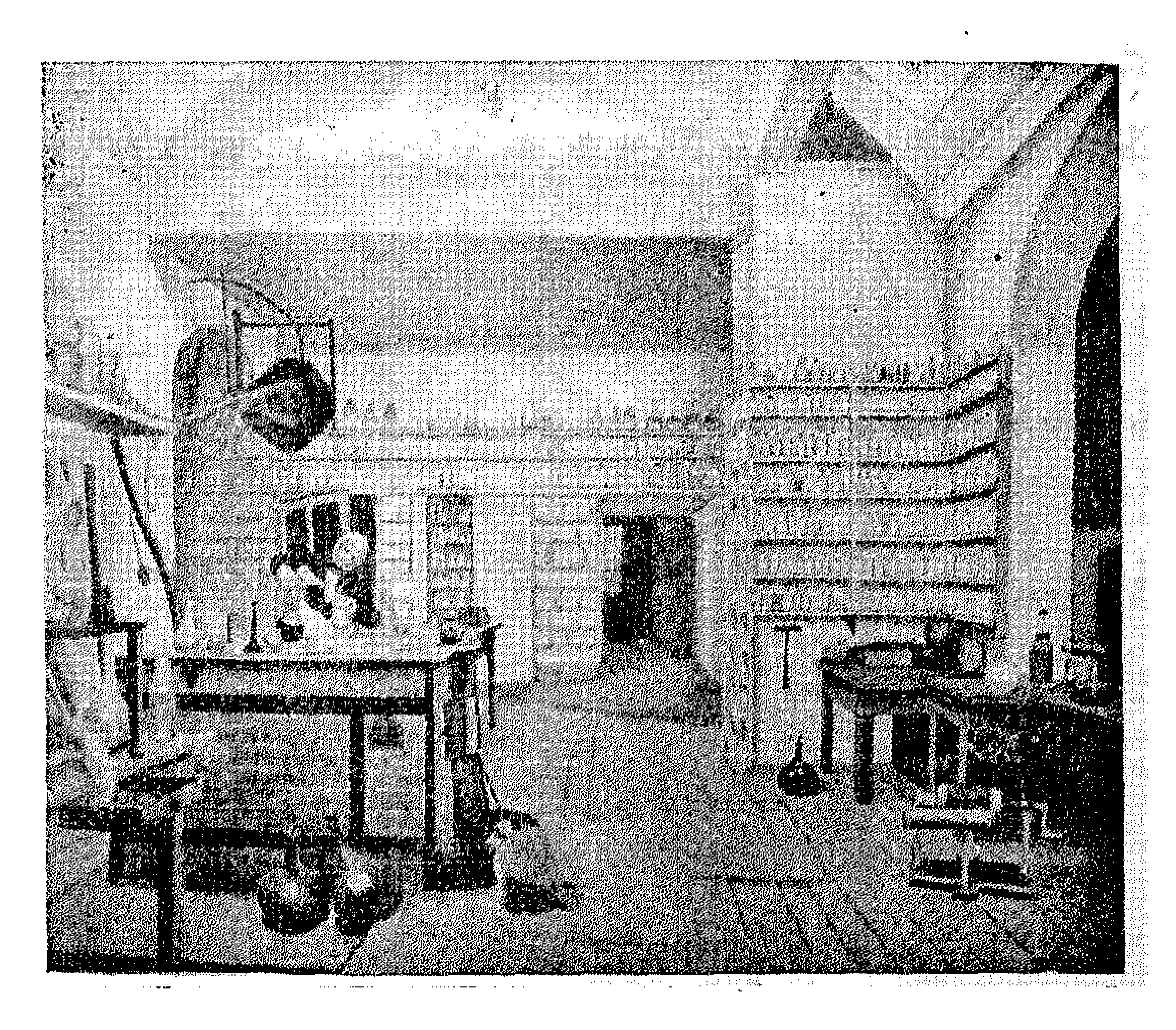
« لقد سرنى ذلك الدليل الذى قدمته إلىّ عن وثوقك بنفسك ، والذى أبان عن غيرة عظيمة وذاكرة قوية وانتباه شديد . وأنا الآن مضطر لمغادرة لندن والتغيب عنها حتى آخر يناير ، أما بعد ذلك فإنى منتظرك فى أى وقت تشاء . ويسرنى كثيراً أن أتمكن من مساعدتك ، وأرجو أن يكون فى وسعى مساعدتك » .

وتاريخ هذا الخطاب ٢٤ ديسمبر سنة ١٨١٢ .

وقد بر ديفى بوعده ، وعينه فى السنة التالية مساعداً له فى المعهد الملكى ، واصطحبه فى رحلة قام بها فى القارة الأوروبية . ولما عاد فرداى سنة ١٨١٥ إلى لندن بدأ حياته العلمية ، ونشر أول رسالة له فى السنة التالية ، وأخذ نجمه منذ ذلك العهد فى الصعود حتى بلغ منتهى ما يأمله الباحثون من الشهرة وعلو المنزلة . ولما بلغ الثلاثين تزوج وجاء بزوجته إلى المعهد الملكى حيث عاشا معاً ست سنوات . وفى سنة ١٨٢٤ انتخب عضواً فى الجمعية الملكية ، وفى سنة ١٨٢٥ خلف ديفى فى رياسة المعهد الملكى .

ويروى عن فرداى وهو صغير أنه سقط وهو يلعب من فتحة فى سقف دكان أبيه ، وكانت الفتحة تعلو السندان مباشرة . فكادت هذه السقطة تقضى عليه لولا أن أباه كان مشغولا فى عمله منحنياً فوق السندان فسقط على ظهره . ولولا ذلك لكان قضى نحبه ، وتغير من جراء ذلك تاريخ العلوم الحافل بكشوفه .

ومباحث فرداى فى الفيزيقا دارت حول موضوعات شتى متعددة ، ولكن أكثرها



(شكل ٨٢) فرداى فى معمله بالمعهد الملكى

وأخطرها كان فى الكهربائية والمغناطيسية . ونحن لا نغالى إذا عددناه أعظم باحث عملى فى هذا العلم على الإطلاق .

كشف ظاهرة الدوران المغناطيسى الكهربائى

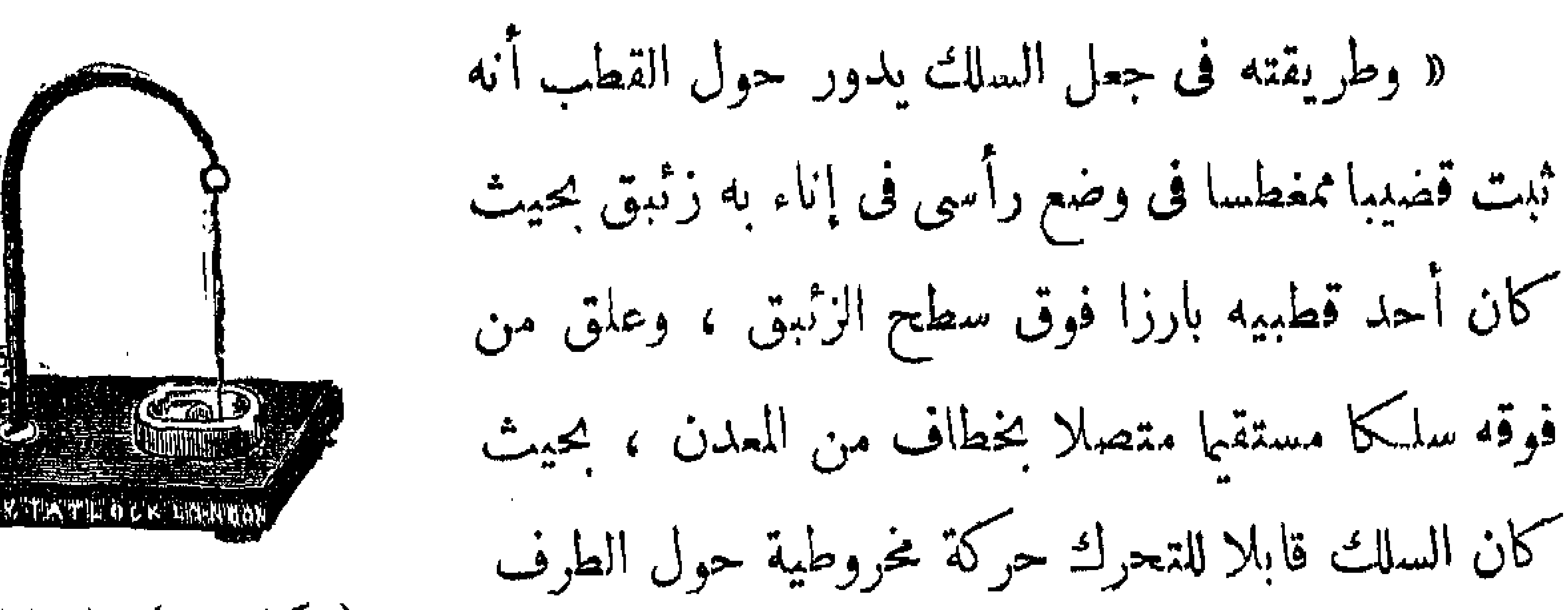
سبق أن ذكرنا فى حديثنا عن « التأثير المغناطيسى للتيار الكهربائى » كشف أرستد الخاص بتأثير التيار فى الإبرة الممغطسة ، وإدراكه فى النهاية وجود ما نعبر عنه الآن بالمجال المغناطيسى للتيار الكهربائى ، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن .

فترتب على كشف أرستد هذا أن كشفت ظاهرة كان ولا يزال لها شأن كبير فى علم الكهربائية وتطبيقه فى شؤون الحياة . فتجربة أرستد وما تلاها من بحوث أمبير دلت على أن القطب الشمالى للإبرة الممغطسة يميل إلى التحرك حول محيط دائرة مركزها على السلك ومستويها عمودى عليه متى أمر فى السلك تيار كهربائى ، ولكن لم يكن يوجد ما يعزز هذا الرأى من الوجهة العملية ، أى لم تكن قد أجريت بعد تجربة ما تدل على

حقيقة دوران القطب المغناطيسى حول السلك المار فيه التيار الكهربائى . وكذلك خطر لكثير من العلماء فى ذلك العهد احتمال دوران السلك المار فيه التيار حول القطب المغناطيسى ، فى الاتجاه المضاد لاتجاه انحراف ذلك القطب حول السلك .

واتفق فى ذلك العهد أن طلب محرر إحدى المجلات العلمية الانجليزية من فرداى أن يكتب بيانا عن نشوء علم المغناطيسية الكهربائية لكى ينشره فى المجلة ، فأخذ فرداى فى صيف عام ١٨٢١ فى إعداد مقالاته ، ورأى أن يعيد بنفسه جميع التجارب التى يريد ذكرها ، حتى يكون على تمام البينة من أمرها . فاشتغاله بهذه التجارب جعله يبتكر فى شهر سبتمبر من تلك السنة وسيلة يستطيع بها تحريك هذا السلك حول القطب المغناطيسى . وقد نجح فى إحداث كلتا الحركتين نجاحا تاما أثار عليه حقد منافسيه حتى رموه باطلا باستئثاره بما ليس له حق فيه .

« وطريقته فى جعل القطب المغناطيسى يدور حول السلك أو الموصل المار فيه التيار أنه هيأ إبرة ممغطسة خفيفة بحيث انغمست وهى فى وضع رأسى فى إناء به زئبق ، وكان أحد قطبيها بارزاً فوق سطحه ، ثم أتى بسلك متصل بأحد قطبى بطارية ، وكان قطبها الآخر متصلا بالزئبق ، وثبت السلك رأسيا وطرفه الخالص مغمور فى الزئبق ، فشاهد أن القطب البارز أخذ يدور حول السلك .

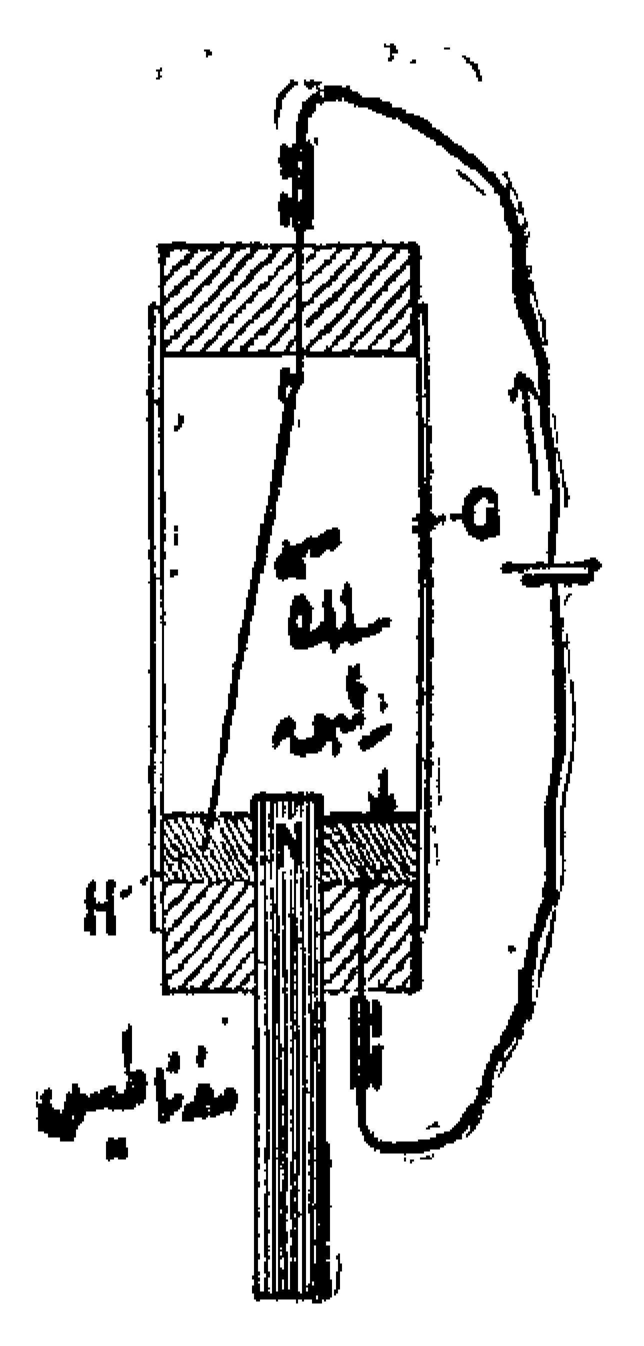


(شكل ٨٣) إبرة فرداى المغناطيسية تدور حول السلك

« وطريقته فى جعل السلك يدور حول القطب أنه ثبت قضيبا ممغطسا فى وضع رأسى فى إناء به زئبق بحيث كان أحد قطبيه بارزا فوق سطح الزئبق ، وعلق من فوقه سلكا مستقيما متصلا بخطاف من المعدن ، بحيث كان السلك قابلا للتحرك حركة مخروطية حول الطرف الأعلى المغناطيس ، والطرف الأسفل للسلك مغمور فى الزئبق . فرأى أنه إذا ما اتصل أحد قطبى بطارية بالخطاف المعلق منه السلك ، واتصل قطبها الآخر بالزئبق ، أخذ السلك المار فيه التيار فى الدوران حول القطب المغناطيسى .

« وقد كانت تجارب فرداى هذه فاتحة بحوثه الشهيرة فى المغناطيسية الكهربائية ،

واهتدى بها كثير من العلماء فى إجراء تجارب أخرى متنوعة تبين حركة السلك أو الموصل المار فيه التيار الكهربائى والقطب المغناطيسى أحدهما بالنسبة إلى الآخر كتجارب بارلو (١٧٧٦ — ١٨٦٢) أحد علماء الرياضة فى انجلترا وغيره من العلماء ، وهى التى بينت إمكان إحداث الحركة من جراء التأثير المتبادل بين الموصلات التى تنقل التيار الكهربائى و بين المغناطيسيات ، فكانت مبدأ لنشوء المحركات (الموتورات) التى يعد استخدامها فى الحياة العملية من أهم تطبيقات الكهربائية » .

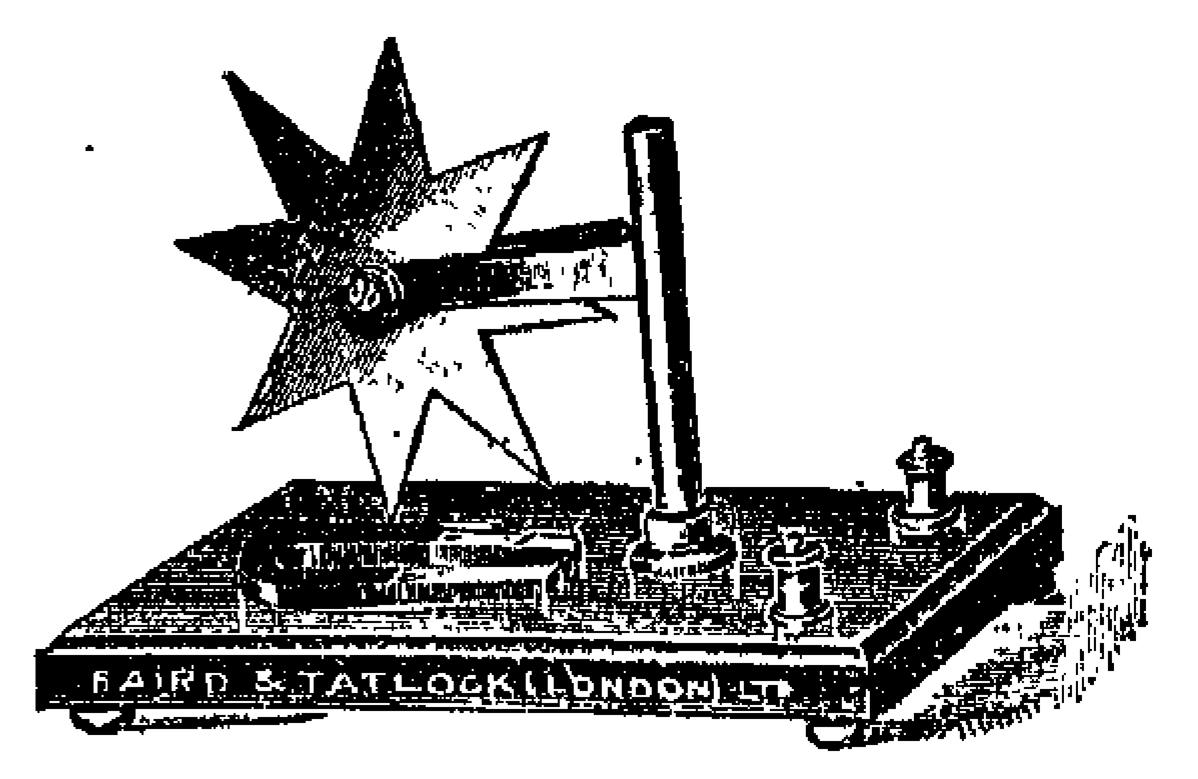


(شكل ٨٤) السلك يدور حول قطب مغناطيسى

كشف التيارات التأثيرية

وهل قنع فرداى بما أحرزه من نجاح فى هذه المسألة ؟ كلا بل أخذ يبحث فى مسائل أخرى . خطر له أنه إذا كان بوساطة التيار الكهربائى يمكن إحداث المغناطيسية فهلا يمكن بوساطة المغناطيس إحداث التيار الكهربائى ؟ وبدأ يختبر بالتجربة مبلغ ذلك من الصحة . فماذا صنع ؟ لقد جاء بسلكين وشدهما متجاورين ، ووصل طرفى أحدهما ببطارية كهربائية . ولكى يدرك ما إذا كان قد سرى فى السلك المجاور تيار آخر جاء بإبرة صغيرة ممغطسة وقربها منه ليرى هل تنحرف عليه دالة على وجود تيار فيه ، أم لا تنحرف دالة على عدم وجود تيار فيه . ولكن الإبرة لم تتحرك . فوصل طرفى هذا السلك الخالص بجلفانومتر ، وهو جهاز أكثر حساسية فى إدراك التيار من الإبرة . وهو يتركب من ملف من السلك وضع فى مركزه إبرة مغناطيسية صغيرة . فالتيار يمر فى هذا الملف تارة فوق الإبرة فى اتجاه ما ، وتارة أخرى تحتها فى اتجاه مضاد ، محاولا فى كل حالة أن يجعل الإبرة تنحرف فى اتجاه عمودى على الملف . وكلما زاد عدد لفات السلك فى الملف كان التأثير أقوى . وبهذه الطريقة توقع فرداى أن يدرك وجود تيار ضئيل جدا فى السلك .

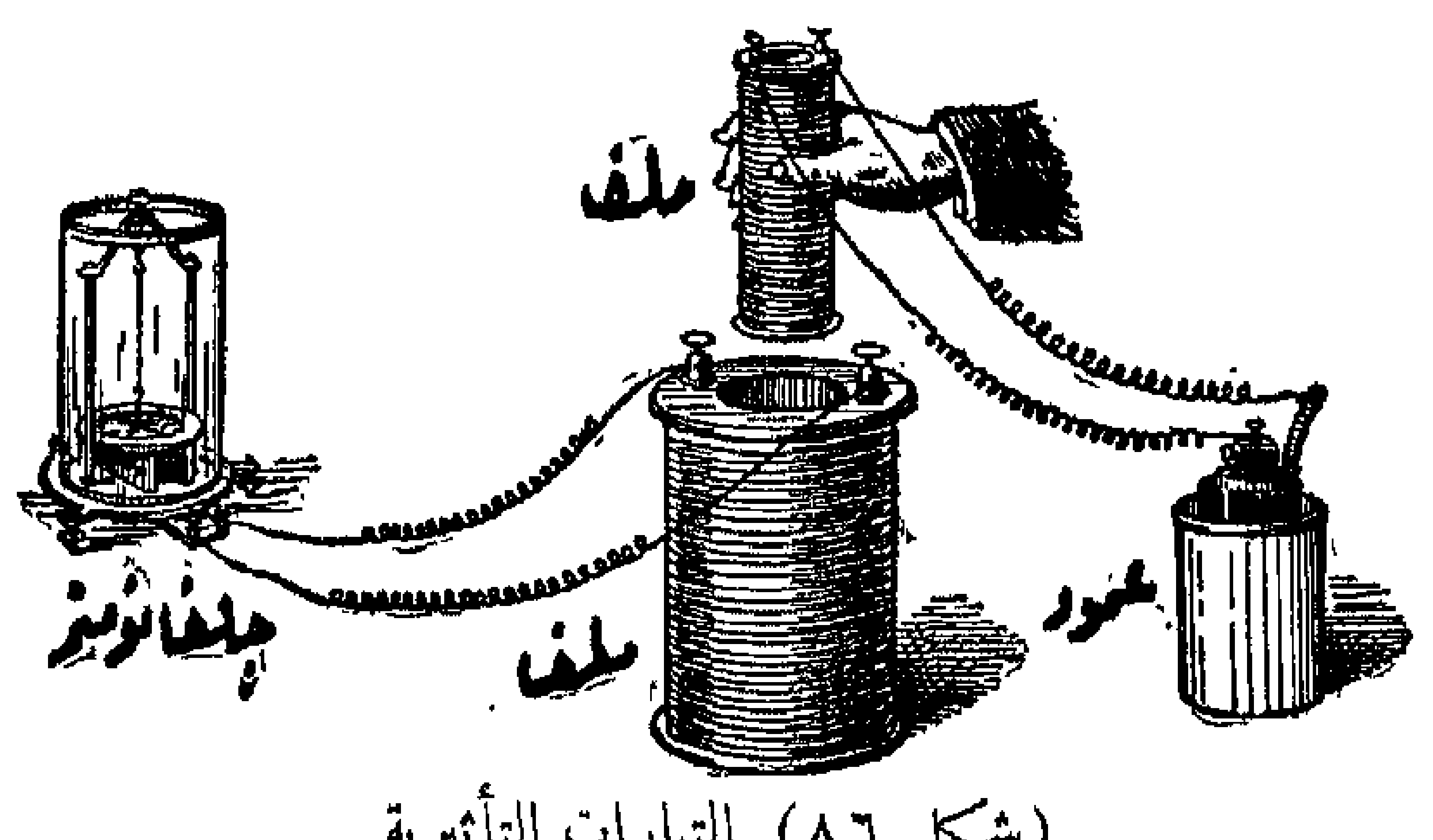
غير أن التيار الأصلى سرى فى السلك الأول زمنا طويلا دون أن يتأثر الجلفانومتر ، دالا بذلك على عدم مرور تيار البتة فى السلك الثانى . وقد بدا ذلك غريبا جدا لفرداى



(شكل ٨٥) عجلة بارلو

لأن المعروف أن الأجسام إما أن تكون مغناطيسية و إما أن تكون كهربائية ، وذلك عند تقريبها من أجسام أخرى ممغطسة أو مكهربة . فكان طبيعيا لديه إذن أن يفترض أن ملفا من الأسلاك يصح أن يسرى فيه تيار كهربائى إذا قرب من ملف آخر يسرى فيه فعلا تيار كهربائى . ولم يكن لديه طريق موصل لذلك غير التجربة فبدأها كما قلنا ولم يصادف نجاحا . فلما عاد إليها مرة أخرى بعد ذلك بأربع سنين لم ينجح أيضا ، فأعاد الكرة مرة ثالثة ولم يثبط همته ما أصابه من فشل فى كل مرة.

وفى شهر أغسطس من سنة ١٨٣١ ، وكان قد مضى على تجربته الأولى فى هذا الصدد سبع سنين ، تحول الظن إلى حقيقة ، وثبت له فى الواقع حدوث التيارات التأثيرية ، واتخذ فى تجربته التى أجراها حلقة من الحديد المطاوع جعل حولها ملفين من سلك معزول من النحاس وصل طرفى أحدهما ببطارية تحتوى على عشرة أعمدة ووصل طرفى الآخر بجلفانومتر ، فرأى أنه إذا أمر التيار الكهربائى فى الملف الأول انحرفت إبرة الجلفانومتر ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول ، دالا ذلك على حدوث تيار تأثيرى وقتى . وكذلك رأى أنه إذا انقطع التيار السارى فى الملف الأول انحرفت عند انقطاعه إبرة الجلفانومتر فى الاتجاه المضاد ، ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول ، دالا هذا أيضاً على حدوث تيار تأثيرى وقتى يسير فى اتجاه مضاد لاتجاه الأول . وشك فرداى فى الأمر ومضى يسائل نفسه هل هذا هو التيار التأثيرى الذى توقعه . وكتب لصديق له يقول : « أظننى قد عثرت على أمر خطير ولكننى لا أستطيع الجهر به ، فقد يكون عشباً لا سمكا ذلك الذى انتشلته واستخرجته بعد كل ما بذلت من جهود » .



(شكل ٨٦) التيارات التأثيرية

وكان فرداى فى إجراء التجارب لا يشق له غبار ، وطريقته فى ذلك خير مثل يحتذى فى البحث العلمى التجريبى . فهو عند ما كان يجد نتيجة لا ينتظرها يغير التجربة ويقلبها على عدة وجوه لكى يمحص الأسباب والنتائج . ولذلك رأى أن يحاول الحصول على تيار عن طريق مغناطيس لا عن تيار آخر . فأخذ اسطوانة من الحديد المطاوع ، وجعل حولها ملفاً من سلك معزول من النحاس ووصل طرفيه بجلفانومتر فرأى أنه إذا قرب من طرفى الاسطوانة قطبان مختلفان لقضيبين مغناطيسيين حدث فى الملف تيار كهربائى وقتى ، وإذا أبعد القطبان حدث أيضاً تيار كهربائى وقتى غير أن اتجاهه عكس اتجاه الأول .

وقد كان لهذا الاستكشاف الجديد خطره البعيد الأثر ، حيث أثبت حدوث التيار الكهربائى بتأثير المغناطيسية . واستحثه نجاح هذه التجارب على متابعة البحث ، فلف سلكين معزولين طويلين لفا لولبيا حول ساق من الخشب ، وكان أحد السلكين حول الآخر ، ووصل طرفى أحدهما بجلفانومتر وطرفى الآخر ببطارية قوية ، فرأى أنه إذا أمر التيار فى هذا الملف حدث فى الأول تيار تأثيرى وقتى فتنحرف إبرة الجلفانومتر فى اتجاه معين ، وإذا انقطع التيار حدث تيار تأثيرى وقتى فى الاتجاه المضاد .

أمثال هذه التيارات سميت « التيارات التأثيرية » وهى معروفة اليوم لكثيرين عن طريق « ملفات التأثير » التى تستعمل فى كهربة الإنسان وتسبب شعوره بما يشبه الوخز .

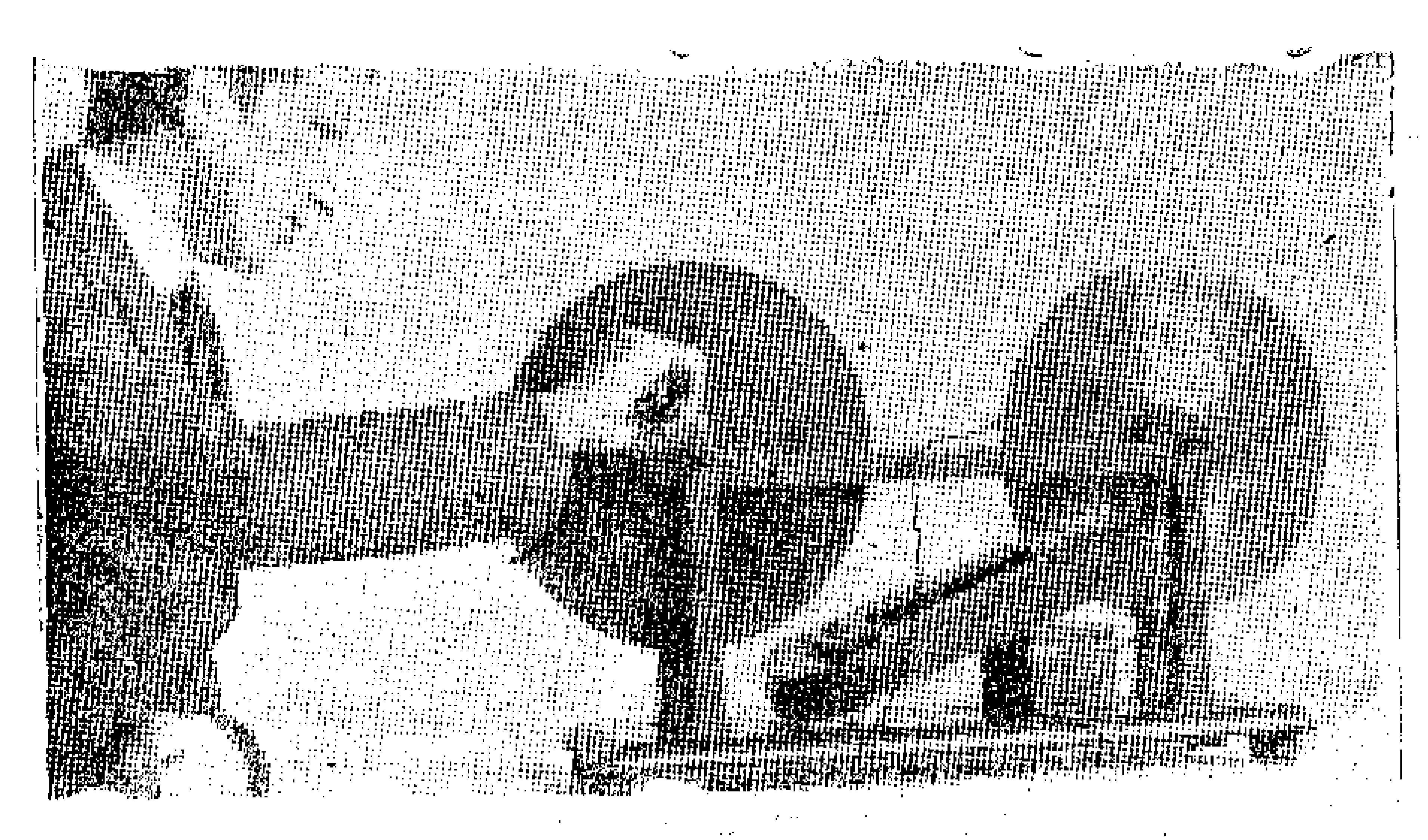
وبدلا من إرسال تيار خلال ملف موجود داخل ملف آخر يصح أن تجىء بملف يسرى فيه تيار ثم تدخله فى ملف آخر متصل بجلفانومتر وتخرجه منه . فعند دخول الملف ذى التيار أو خروجه تتحرك إبرة الجلفانومتر دالة على مرور تيار تأثيرى وقتى فى الملف الآخر .

وبين فرداى أن التيار التأثيرى يحدث فى سلك أو موصل إذا تحرك بالقرب من المغناطيس . ومن تجاربه التى تدل على هذا تجربة القرص المعروف باسمه ، وهى تجربة مشهورة تتلخص فى أنه إذا أدير قرص من النحاس بين قطبى مغناطيس كهربائى قوى ووصل بين محور دورانه وحافته بموصل أو سلك مر فيه تيار كهربائى فى أثناء دوران القرص .

ومن الغريب أن هذه الكشوف قد تتالت فى فترة وجيزة وتمت فى أقل من أسبوعين ، وهى من معالم الكشوف فى تاريخ التقدم العلمى إذ كانت فاتحة دور جديد من أدوار علم الكهربائية ، وكانت آثارها فى العمران ما نرى الآن من تطبيقات الكهربائية فى شؤون الحياة .

الدينامو وهو أساس علم الهندسة الكهربائية

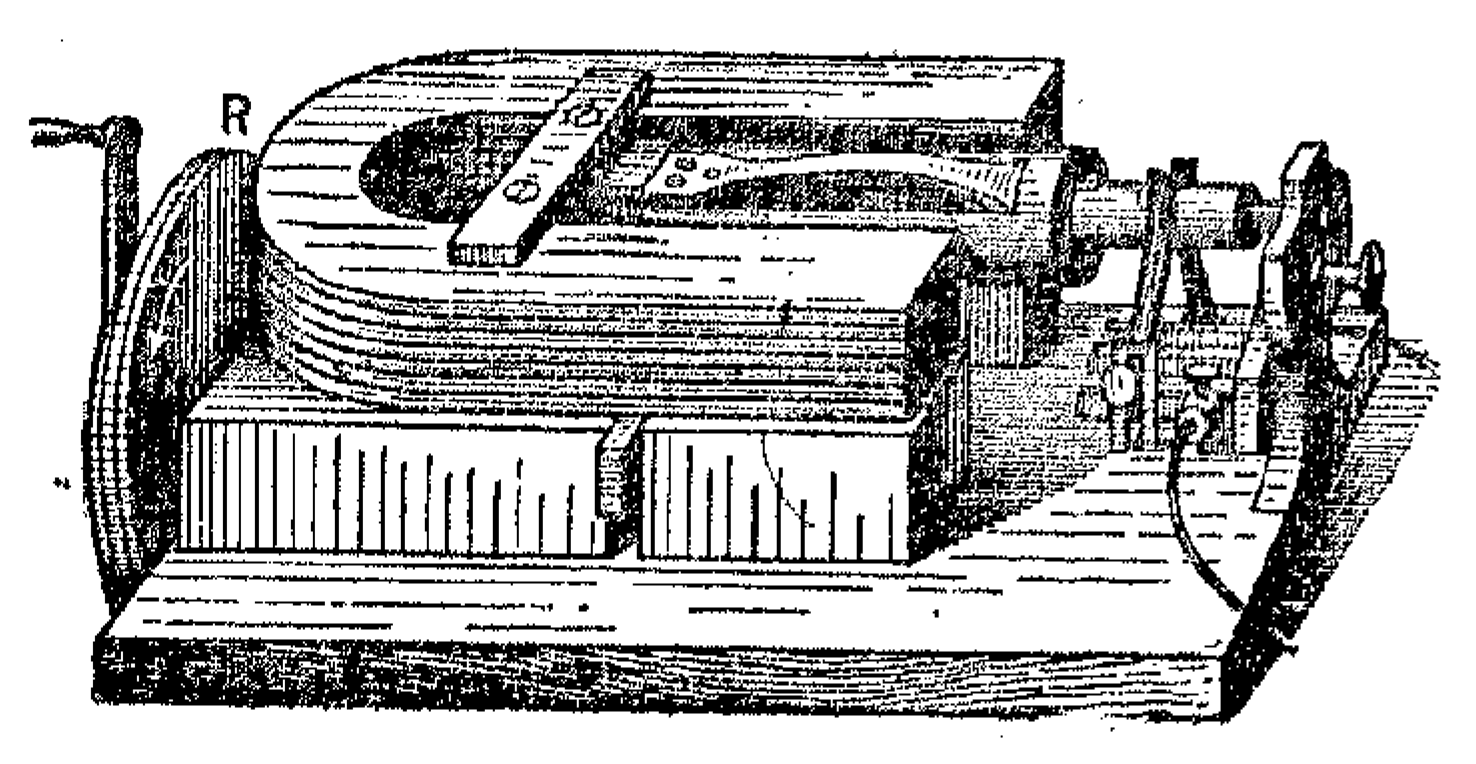
وأصبحت المدن تغذى بالتيارات الكهربائيــة التأثيرية لكى تستخدمها فى أعمال الإضاءة والمحركات وقطر الترام ، وفى كهربة السكك الحديدية بوجه عام . وأنشئت لذلك مصانع لتوليد الكهربائية وتلك المصانع هى المحطات المركزية التى تغذى المدن بالتيار . وإذا نحن مررنا بإحدى هذه المحطات فإننا نجد فيها آلات بخارية أو آلات بترولية مهمتها إدارة آلات أخرى لتوليد التيار الكهربائى وتسمى كل آلة من هذه الآلات المولدة للتيار الكهربائى « دينامو » ويتألف الدينامو من شيئين : أحدهما المغناطيس الكبير الذى يولد المجال



(شكل ٨٧) مولد الدينامو

المغناطيسى القوى ، والثانى مجموعة ملفات من السلك تتحرك خلال المجال المغناطيسى بوساطة الآلات البخارية أو البترولية السابقة الذكر . وكل ملف يصير عند دخوله المجال المغناطيسى أو خروجه منه محملا بتيار تأثيرى وقتى لأنه إذا تحرك ملف فى مجال مغناطيسى حدث نفس الأثر الذى يحدثه تقريب المغناطيس من الملف أو إبعاده عنه ، أو نفس الأثر لدى يحدثه إطلاق التيار فى ملف مجاور ثم قطعه كما مر بنا .

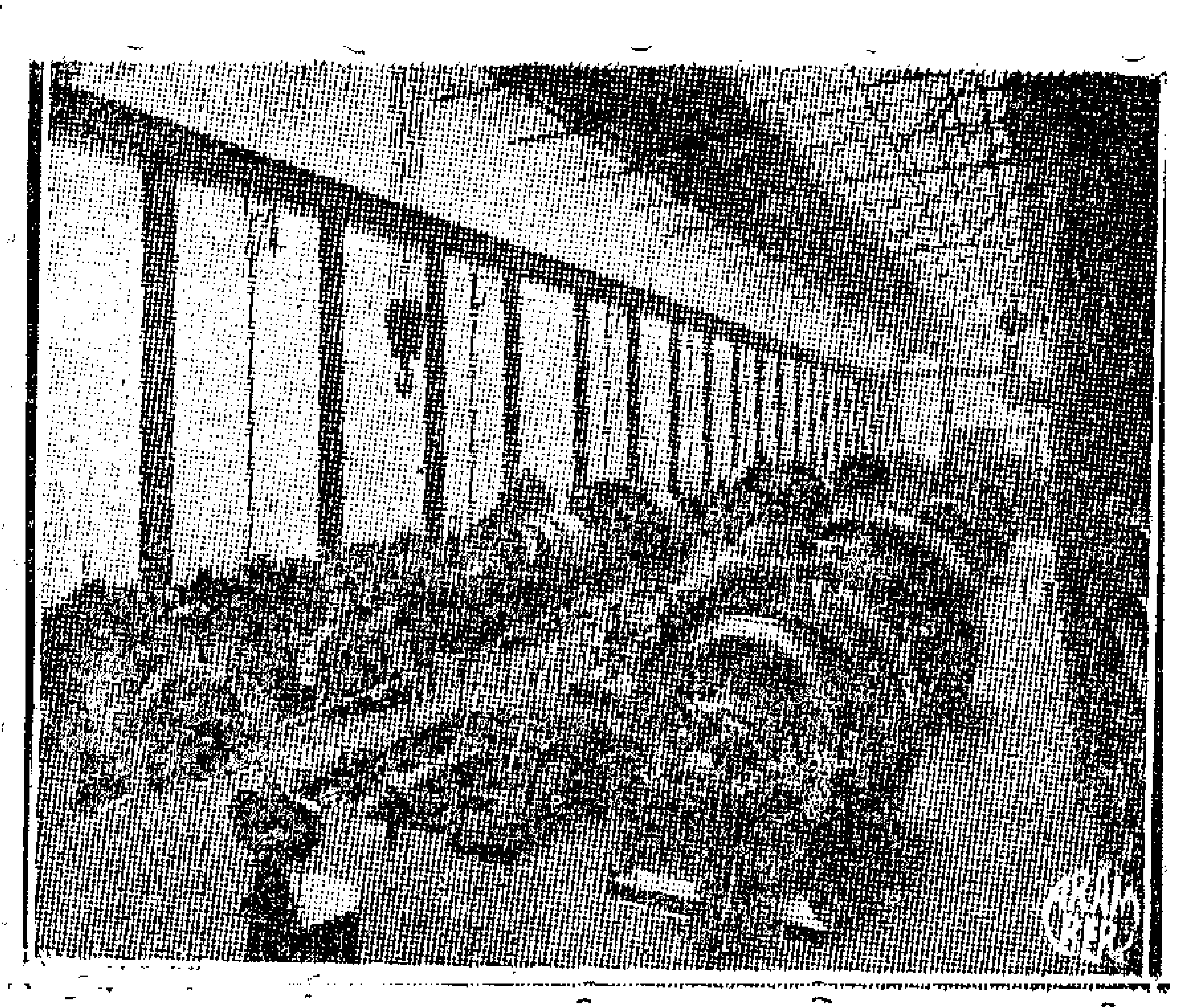
وبدأ كبار المخترعين يعملون منذ عهد فرداى لإدخال ما يستطيعون من تحسين على



(شكل ٨٨) دينامو بسيط

الدينامو . فبعضهم اتجه صوب جمع التيارات التأثيرية الوقتية كلها لكى تكون تياراً واحداً يسير باطراد فى اتجاه واحد ، واتجه البعض إلى ابتكار طرق ووسائل لزيادة قوة المجال المغناطيسى أو سرعة الآلات ، وأصبحنا اليوم ولدينا صناعة يشتغل فيها ملايين العمال ، وكل هذا لأن رجلا عمل فى صمت وسكون ومثابرة فى معمله ، يلاحظ كل شىء ولا يهمل شيئاً ، ويستخلص لباب الحقائق المدهشة من صغار الأشياء وتافهات الأمور ، وعلى هذا الأساس نشأ علم الهندسة الكهربائية .

خطوط القوى



(شكل ٨٩) مصنع توليد الكهربائية وبه ترى دينامات فى محطة للإضاءة

«ولبث فرداى عشر سنوات بعد أن وفق إلى كشف التيارات التأثيرية وهو لا يكاد يفرغ من بحث أو كشف إلا ليهتدى إلى آخر . ومن بحوثه فى هذه الفترة تلك التى بين بها أهمية الوسط فى الظواهر المغناطيسية والظواهر الكهربائية . فالمباحث التى حدثت فى القوى الواقعة بين التيارات الكهربائية أو بالأحرى بين الموصلات التى تحمل التيارات أفضت ، أو ساعدت فى مجموعها إلى الإفضاء ، إلى دخول النظرية المعروفة بنظرية « التأثير عن بعد » فى علم الكهربائية والمغناطيسية ، لأن تلك المباحث لم تكن

تعنى بالوسط الذى يحدث خلاله التأثير .

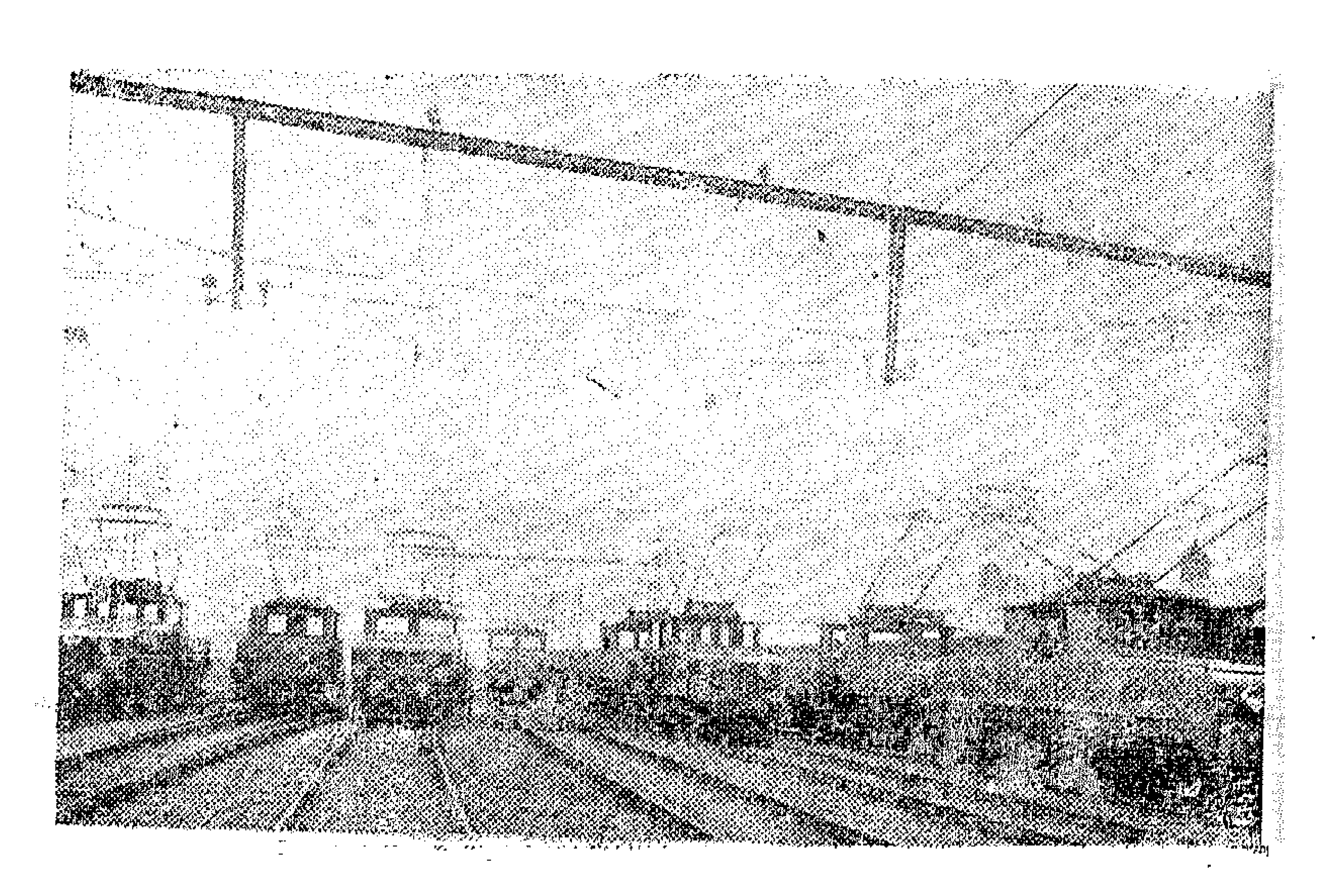
« ولكن فرداى أجرى سنة ١٨٣١ تجارب بين بها أن برادة الحديد إذا انتثرت على قطعة من الورق المقوى من تحتها مغناطيس رتبت البرادة ترتيبا خاصاً تتكون منه هيئة من الخطوط المنحنية التى تعرف بخطوط القوة المغناطيسية . وأخذ يصور هذه الخطوط بنثر البرادة على قطعة من الورق المقوى المطلى سطحه بطبقة رقيقة من الصمغ ، حتى إذا انتظمت البرادة واستبانت الخطوط صوب إلى سطح الورقة تياراً ضعيفاً من البخار ، فيذوب الصمغ ، وتلتصق البرادة على سطح الورقة ، ويحصل على صورة ثابتة لتلك الخطوط .

« وصور بهذه الكيفية خطوط القوة المغناطيسية فى حالات كثيرة مختلفة ، وذهب إلى أن المغناطيس ليس قضيبا من الصلب فحسب ، بل هو فوق ذلك مجتمع ومصدر لخطوط قوة ، وأن خطوط القوة هذه ذات وجود طبيعى ، وتمثل الحالة التى يكون عليها الوسط أو المكان المحيط بالمغناطيس ، وهوالذى يسمى المجال المغناطيسى ، وأنها الأصل فى مظاهر التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية .

« ورأى فرداى قياساً على ذلك أن الموصلات المتكهربة أيضاً تتصل بها خطوط قوة كهربائية ، وبين بالتجارب أن نوعى الكهربائية يحدثان معاً بالدلك أو بالتأثير ، ويكون مقدار ما يحدث من أحد النوعين مساوياً لمقدار ما يحدث من النوع الآخر ، فلا بدع إذن أن يعتبر كل مقدار من أحد نوعى الكهربائية متصلا بمقدار يساويه من النوع الآخر بخط أو أكثر من الخطوط الكهربائية ، وتكون هذه الخطوط أيضاً هى الأصل فى مظاهر التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية . . .

« وطبق فرداى رأيه فى خطوط القوة الكهربائية أيضاً وبين بسلسلة تجارب منتظمة أن القوة الدافعة التأثيرية ، وهى التى تنشأ عنها التيارات التأثيرية التى كشفها ، تحدث كلما قطع الموصل خطوطا من خطوط القوة المغناطيسية ، أو كلما تغيرت خطوط القوة التى تخترق دائرة هذا الموصل ، ووضع بهذه الكيفية القانون العام الذى تحدث بمقتضاه التيارات التأثيرية .

« وقامت على أساس مباحث فرداى فى خطوط القوة وأهمية الوسط فى التأثيرات



(شكل ٩٠) إحدى نتائج كشوف فرداى

الكهربائية والمغنطيسية النظرية التى تنفى التأثير عن بعد ، والتى تقرر أن ظواهر الكهربائية والمغناطيسية إن هى إلا المظاهر السطحية لما يحدث فى الوسط من التأثير أو الانفعال . وقد كانت هذه النظرية مثمرة ، وأدت إلى كشوف ومعلومات ازداد بها العلم إتساعا وتقدما » .

ومن الغريب أن العلامة اينشتاين فى نظرية النسبية التى وضعها قد دحض بدوره نظرية « التأثير عن بعد » هذه عند ما هاجم رأى نيوتن فى الجاذبية .

علم الكيمياء الكهربائية

وبحث فرداى فى الصلة بين الكيمياء والكهربائية . وأوجد علما جديداً هو « علم الكيمياء الكهربائية » ، فقد نشر فرداى سنتى ١٨٣٣ و ١٨٣٤ بحوثاً خطيرة فى التحليل الكهربائى ، وكانت هذه البحوث تدور حول علاقة التيار بمقدار ما يتحلل من المادة أثناء مروره فيها واستنبط منها قانونين معروفين باسمه ، وهما الخاصان بالتحليل الكهربائى . وأولها أن كتلة المادة المتحللة تتناسب وكمية الكهربائية التى تسير فى محلولها . وثانيهما أن كتلة المادة التى تتراكم أو تتصاعد عند كل قطب تتناسب والوزن المكافىء لها أى

الوزن الذى يحل محل جرام واحد من الايدروجين فى الحوامض . وقد صاغ فرداى بمناسبة هذه البحوث أكثر المصطلحات المستعملة فى التحليل الكهربائى مثل « الأنود » أى المصعد للقطب الموجب و « الكاثود » أى المهبط للقطب السالب و « الأيون » لكل جزء من الأجزاء التى تحدث فى السوائل عند تفكك الجزىء ، وغير ذلك من المصطلحات التى ذاع استعمالها من بعده .

وله عدا ذلك بحوث أخرى خطيرة أجراها ليعزز نظريته فى أن التيار الكهربائى الذى يستمد من الأعمدة الفولتية منشؤه التفاعل الكيميائى الذى يحدث فيها . وقد أدت بحوثه الكيميائية الكهربائية إلى العثور على وحدة للكهربائية غير قابلة للتجزؤ ، وسميت « ذرة الكهربائية » أو جوهرها الفرد قياساً على « ذرة المادة » أو جوهرها الفرد ، ثم عرفت « بالالكترون » وكان لها شأن عظيم فى الفيزيقا الحديثة .

تأثير المغناطيسية فى الضوء

وأجرى فرداى عدا ما ذكرنا بحوثا أخرى فى الاستدلال على أن الكهربائية وإن تنوعت مصادرها وتعددت فإن تأثيراتها متشابهة وحقيقتها واحدة . وقد أجرى كل ذلك فى السنوات العشر من سنة ١٨٣١ إلى سنة ١٨٤١ . وتمثل هذه السنوات العشر دورا من أدوار الكشوف التى يندر أن يوفق إلى مثلها شخص فرد ، وأعقبتها فترة سكون نسبى فى تاريخ هذا العبقرى الحافلة حياته بأمجد الأعمال العلمية الخالدة . ولكن فترة السكون هذه لم تدم طويلا إذ دخل ميدان العمل مرة أخرى سنة ١٨٤٥ ، وأضاف إلى كشوفه كشوفاً جديدة لا تقل خطورة أو شأناً عما استطاعه من قبل .

فبحث فى تأثير المغناطيسية فى الضوء ، ووجد أن المغناطيس القوى يستطيع أن يثنى حزمة الضوء أثناء مرورها فى مواد خاصة مثل كبريتور الكربون . ولم يكد فرداى يكشف هذه الظاهرة حتى قتلها بحثاً وأثبت حدوثها فى بعض الأجسام الشفافة ، ولا سيما ما كان معامل انكساره الضوئى كبيراً ، وكذلك فى بعض السوائل . وأرسل رسالة عنها إلى الجمعية الملكية فى نوفمبر سنة ١٨٤٥ .

أجسام مغناطيسية غير الحديد والنيكل

لم يكد فرداى ينتهى من كشفه السابق حتى وفق إلى كشف آخر وأرسل رسالة عنه إلى الجمعية الملكية بلندن فى ديسمبر من السنة نفسها . ولم يأت هذا الكشف عفواً أو اعتباطاً إذ كان له رأى فى المغناطيسية لم يوفق بادىء الأمر لإثباته ، وهو أن تأثير المغناطيسية غير محتمل أن يكون مقصوراً على الحديد والنيكل من بين الأجسام كلها ، وظن أن عدم تمغطس الأجسام الأخرى قد يكون ناشئاً عن تأثير الحرارة فيها ، وقديماً كان معروفاً أن الحرارة تبطل مغناطيسية المغناطيس نفسه .

« فتدرج من مثل هذه الآراء إلى الظن بأن الأجسام التى لا يمكن تمغطسها فى درجات الحرارة المعتادة قد يتيسر تمغطسها فى درجات الحرارة المنخفضة ، وأجرى على أساس هذه الفكرة سنة ١٨٣٦ تجارب برد فيها بعض المعادن إلى درجة خمسين تحت الصفر المئوى ، ثم أعاد البحث سنة ١٨٣٩ وبردها إلى درجة ثمانين تحت الصفر ، وفى كلتا الحالتين لم يتحقق ظنه . ولكنه لما حصل فى سنة ١٨٤٥ على مغناطيس كهربائى قوى أعاد الكرة فاستطاع بواسطته أن يبين أن الكوبلت أيضاً قابل للتمغطس مثل الحديد والنيكل . وفى ٤ نوفمبر من سنة ١٨٤٥ علق بين قطبى المغناطيس الكهربائى القوى قضيباً غليظاً من الزجاج بخيط من الحرير فإذا ما استقر القضيب فى وضع معين أمر التيار الكهربائى فى ملفات المغناطيس الكهربائى ، فشاهد له تأثيراً توجيهياً فى القضيب الزجاجى . غير أن القضيب الزجاجى يُطرد عن قطبى المغناطيس بدلا من أن ينجذب إليهما كما ينجذب القضيب من الحديد مثلا ، فتتبع فرداى كعادته فى كشوفه الأخرى دراسة هذا الموضوع . وأرسل فى ٦ ديسمبر رسالة إلى الجمعية الملكية ثم تلتها رسالة أخرى فى ٢٤ منه ، وأثبت ببحوثه هذه التى ختم بها رسالته سنة ١٨٤٥ أن كثيراً من الأجسام الصلبة والسائلة إما أن ينجذب إلى قطبى المغناطيس كما ينجذب الحديد وإما أن يطرد عنهما كالزجاج متى كان المغناطيس الذى يؤثر فيها قوياً . وسمى بهذه المناسبة الأجسام التى من الفريق الأول الأجسام البارامغناطيسية ، ونسميها ذات المغناطيسية المعتادة أو الطولية ؛ وسمى

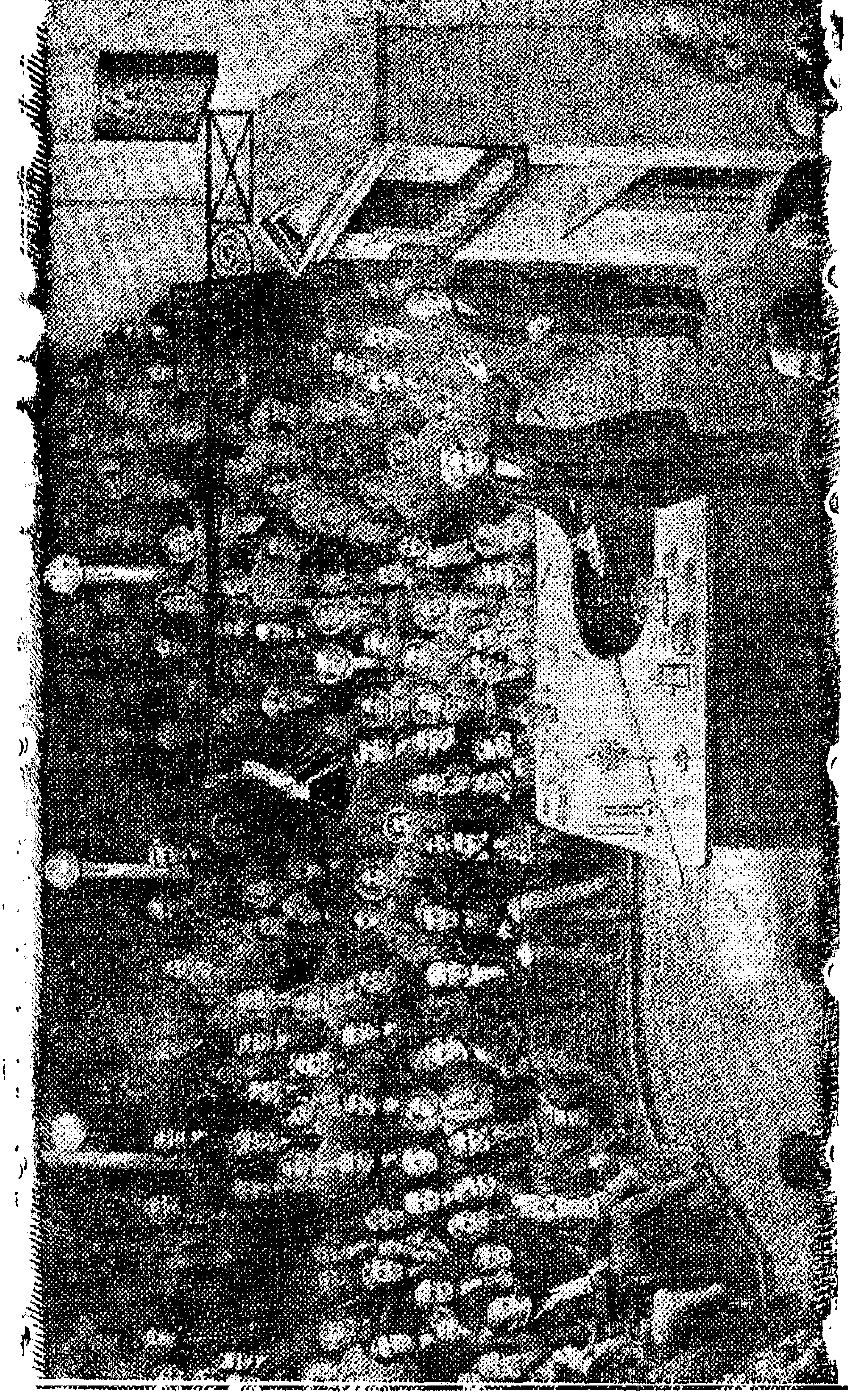
الأجسام التى من الفريق الثانى الأجسام الدايامغناطيسية ، ونسميها ذات المغناطيسية غير المعتادة أو القطرية » .

خاتمة

تلك هى أعمال الرجل الذى لم يتخرج فى جامعة ، وتلك هى كشوفه التى أدت إلى ظهور علمين جديدين هما « الهندسة الكهربائية » و « الكيمياء الكهربائية » . وكان يوم سروره هو اليوم الذى يعثر فيه على جديد يفيد العلم والعالم ، يقدمه للناس فى غير فخر ولا استكبار . وكان مرحاً بشوشاً ، ويروى عنه أنه قال عن نفسه « لقد خلقنى الله رجلا مرحاً سريع التخيل ، أصدق بما فى كتاب ألف ليلة وليلة كما أصدق بما فى دائرة المعارف . ولكن الحقائق الواقعية كانت لى كل شىء ، وهى التى أنقذتنى وهذبتنى . وقد أثق بالأمر الواقع ولكن لا بد لى من توكيده » .

هذا هو الرجل العاطل من الإجازات والشهادات ، البعيد عن كل تنابذ بالألقاب . هو الرجل الذى فضل أن يظل كما هو ميخائيل فرداى دون لقب على الرغم من اللقب الذى قدم له لينخرط فى سلك الأشراف . وقد أبى إلا أن يبقى فقيراً لأن الغنى فى رأيه يحرمه من الاستمتاع بالوقت الذى خصصه للعلم ، عاملا بنصيحة ديفى الذى قال له ليس معنى العلم الحصول على ثروة من ورائه . وأغرم بإلقاء المحاضرات العامة فى عطلة عيد الميلاد ، وظل يلقيها تسعة عشر عاما ، حتى لقد صارت سنّة تحتذى من بعده إلى أيامنا حيث صار فطاحل العلماء من أمثال براج وغيره يلقون المحاضرات فى المعهد الملكى كل عيد ميلاد . وأصيب فى أواخر حياته بفقدان الذاكرة ، وكان يستعين على ذلك بأن يضع فى أحد جيوبه مجموعات من البطاقات لكى يدون فيها كل ما يريد أن يذكره . وقد حفظت إحدى هذه البطاقات ، وكان مكتوباً عليها هذه الجملة : « فلأذكر أن أعمل الشىء على الفور ولأذكر كذلك كيف أتمه ، وأن أعمل قليلا فى حالة ما إذا لم أستطع أن أعمل كثيراً » .

ومنحته الملكة فكتوريا قصراً فى همبتون قضى فيه بقية أيام حياته ، وظلت حجراته تحت أمره يقصدها أنى شاء . وحضرت الملكة وولى عهدها بعض محاضرات فرداى العامة . نعم كانت ملكة انجلترا وولى عهدها يستمعان لمحاضرة فرداى الرجل العاطل من



(شكل ٩١) قاعة محاضرات ويرى فرداى فيها يلقى إحدى محاضراته العامة على جمهور من علية القوم

الإجازات والشهادات . وكان الرجل فى حياته متواضعاً ، وأراد أيضاً أن يكون فى مماته متواضعاً . فقد أوصى أن تكون جنازته أبسط ما يكون ، وأن يتم دفن جثمانه فى غير ما ضجة ولا جلبة . وما كاد نعشه يوضع فى قبره حتى ظهر أصدقاؤه المشتغلون مثله بالعلوم وكانوا متوارين تلبية لوصيته وشاركوا أسرته فى فجيعتها فى موت النابغة العصامى فى علمه وفى نبوغه .

وهل يعرف الفضل إلا ذووه ؟

الفصل السابع عشر

التخاطب اللاسلكى

هو من أمهات الموضوعات الفيزيقية الواسعة التطبيق ، وسأتناول فيه الجانبين التاريخى والنظرى ، مبتدئا بالتلغراف اللاسلكى ، منتقلا بعد ذلك إلى التلفون اللاسلكى أو الراديو .

وإخال أن خير ما يبدأ به الكاتب فى اللاسلكى كتابته هو « الأثير » الذى نراه قد تغلغل فى كثير من البحوث لتعليل كثير من الظواهر التى عجز العلماء عن تعليلها وتوضيح ما بينها من العلاقات ، وإن يكن العلامة أينشتاين ومؤيدوه من العلماء ينكرون هذا الأثير ويقولون عنه إنه محض خيال صاغه أولئك العلميون الذين أعوزهم التفسير الصحيح لما يرون من ظواهر . ويقول أينشتاين عن هذا الأثير إنه ظاهرة كهرطيسية أى كهربائية مغناطيسية . وكذلك يقول شتينمتز ويدعو العلماء إلى رفض نظرية الأثير ، استناداً إلى نظرية أينشتاين فى النسبية ، وهى تلك النظرية التى تقول بنسبية الحركة والمكان والزمان . على أن الكشوف الروحية الحديثة أثبتت كما قلنا إنه موجود وإنه أصل المادة . وسواء صدق هؤلاء أو أولئك فما هو ذلك الأثير المزعوم ؟

الأثير

أول ما يقال بصدده هو أن وجوده مفترض كوجود الذرة والجزىء . وليس هناك من يقول إنه رآه أو أدركه بوسيلة من وسائل الإدراك الحسى . وكل ما برر افتراض وجوده أن العلماء عللوا به كثيراً من الظواهر التى تقع ، وأنهم استطاعوا به أن يصوغوا نظريات أمكن إثبات صحتها العلمية عملياً . وكل ما يقوله العلميون الآن بصدده هو أن كل شىء نراه أو نلمسه ، حتى ذلك الفضاء الخلاء الشاسع ، يخترقه شىء غاية فى اللطافة يستقر بين ذرات المادة ويتخللها ويملأ رحاب الكون . وهذا الشىء هو الأثير . وقد دللوا على ذلك بما يأتى :

ظاهر أنه لا بد لكل معلول من علة ولكل نتيجة من سبب . فإذا أنت وضعت ساعة فى ناقوس زجاجي رأيتها وسمعت دقاتها ، وإذا أنت فرغت هواء الناقوس تخافت صوت الدقات حتى انعدم . فما هو ذلك الشيء الذى انعدم من الزجاج وكان من قبل موجوداً فيه ؟ إنه الهواء . فالمنطق يقضي إذن أن نقول إن الهواء هو الوسيلة التى بها سمعنا دقات الساعة ، فإذا انعدم الهواء انعدم الصوت . ولكنك تظل ترى الساعة الموضوعة فى الناقوس ، بل إنك إذا وضعت شمعة موقدة وراءه لم تحتجب لا هى ولا لهبها ، وعلى ذلك فانعدام الهواء لا يؤثر فى الضوء . ولكن هل نستطيع أن نصدق أن هناك فجوة بيننا و بين الشمعة وضوئها ؟ كلا . والأسهل كثيراً أن نقول بأن الناقوس الزجاجي مملوء كالجو الخارجي بشيء ما يصل ما بين الشمعة والعين فتحس بالضوء . فهذا الشيء هو الأثير المزعوم ، وهو الذي يقوم بتوصيل ضوء الشمس إلينا على بعدها عنا ، بل هو الذى يوصل إلينا ضوء النجوم والسُّدم الممعنة فى بعدها عنا أكثر من بعد الشمس ملايين المرات . وهو الذى يوصل إلينا حرارة الشمس أيضا . وهل نستطيع أن نعلل وصول الحرارة والضوء إلينا من الشمس عبر هذا الفضاء الخلاء الشاسع إلا إذا فرضنا أن ثمت شيئا غير مدرك يملؤه — هو الأثير ؟

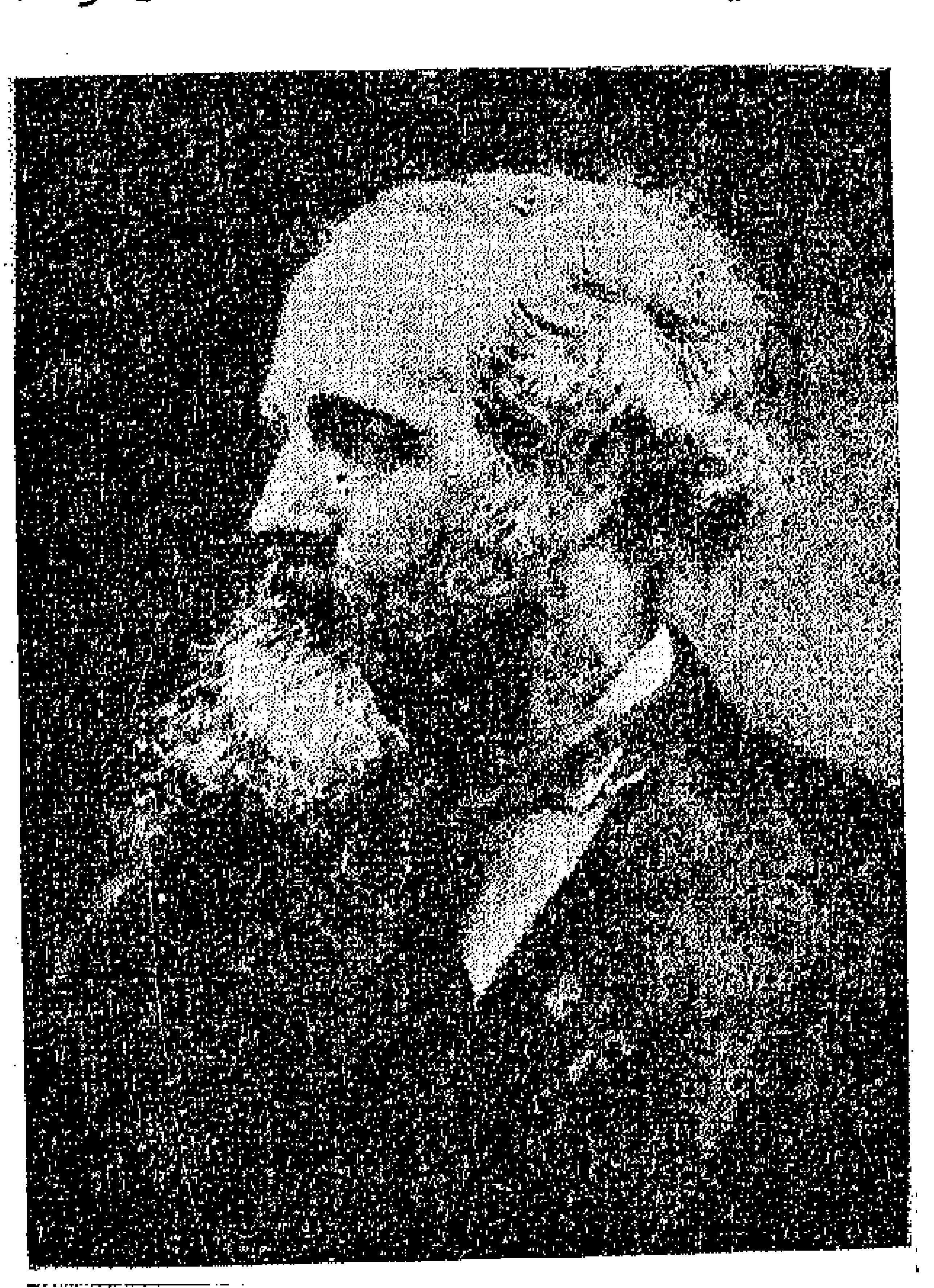
وتصل إلينا حرارة النار التى نوقدها بعيداً عنا بهذه الوسيلة أيضا . أحجب ما بينك و بين نار موقدة بحائل ما ، ثم أزحه بسرعة ، تحس على الفور بالحرارة تسطع عليك وتاطمك. وثق أن الذى يحملها إليك ليس هو تيار الهواء الساخن لأن هذا يرتفع إلى أعلى فلا ينتشر جانبياً ، ولا ترى عيناك وسطا آخر يوصلها إليك . وعدا هذا فهذه الحرارة السريعة الانتقال تسير فى خطوط مستقيمة ، وأنت تستطيع أن تحجبها عنك كما تستطيع أن تحجب الضوء عنك ، فهى فى الواقع تسلك مسلك الضوء ، ولذلك فنحن مرغمون على القول بأنها تنتشر كما ينتشر الضوء خلال الأثير أى بالاشعاع .

والحرارة التى تنتقل بهذا الشكل يقال لها حرارة متشععة . وسنرى بعد أن هناك أيضا من الكهربائية ما يصح أن نسميها كهربائية متشععة — أى كهربائية لا تصل إلينا عن طريق الأسلاك والموصلات ، بل تسطع خلال الأثير كما يسطع الضوء وكما تسطع الحرارة المتشععة .

الموجات الكهرطيسية

ويرجع الفضل فى ذلك إلى العالم كلارك مكسويل ، فهو أول من قال إن بالأثير عدا الموجات الضوئية والحرارية المتباينة فى الطول موجات كهربائية مغناطيسية (كهرطيسية) تختلف عنها أيضاً فى الطول . وكما أن الفلكى الشهير أدمز استكشف السيار نبتون بطريق الحساب قبل أن يراه أحد ، كذلك استكشف كلارك مكسويل من الحساب على الورق تلك الموجات الكهرطيسية التى تحمل رسائلنا اللاسلكية فى الوقت الحاضر ، قبل أن تكون لدينا وسيلة ما لإدراكها .

ومكسويل هذا من أشهر علماء الفيزيقا الإنجليز ابتدأ مباحثه العلمية وهو فى الخامسة عشر ، ولم يتعد الثلاثين حولا حتى تبوأ مكانا ممتازاً فى مقدمة العلماء المعدودين .


(شكل ٩٢) جيمس كلارك مكسويل

ودفعت نظرية مكسويل المشتغلين بالعلوم إلى العمل لإيجاد وسيلة لإحداث هذه الموجات الكهرطيسية ، ثم إدراك وجودها أو التقاطها بعد إحداثها . وكان هرتز العالم الألمانى المشهور من بين أولئك المشتغلين . وكان قد عين سنة ١٨٨٠ مساعدا للعلامة هلمهولتز الألمانى أستاذ الفيزيقا فى جامعة برلين . ولبث معه ثلاث سنوات نال من جراء ما قام فيها من البحوث إعجابه وحسن تقديره .. وكان فى هذه الفترة أن اقترح عليه هلمهولتز أن يقوم بإجراء بحوث عملية غايتها بيان الفكرة الأساسية فى نظرية مكسويل ، ولكنه لم يهتد حينئذ إلى سبيل يسلكها إلى تلك الغاية ، فأرجأ هذا الموضوع . ولما عين سنة ١٨٨٥ أستاذاً للفيزيقا فى مدرسة « الفنون والعلوم » فى كارلزروه عاد إليه ، وهناك بدأ سلسلة بحوثه الخالدة التى عززت كثيراً نظرية



(شكل ٩٣) هنريك رودولف هرتز

مكسويل ، واكتسب هو من ورائها شهرته العلمية الواسعة .

فالضوء ينتقل دائما فى الأثير على شكل موجات ، أما الحرارة والكهربائية فإنهما تنتقلان فيه أحيانا على شكل موجات أيضا . وهذه الموجات جميعها تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل (حوالى ثلثمائة ألف كيلو متر) فى الثانية. وهى متشابهة من عدة وجوه ولا تتباين إلا فى أطوالها الموجية — أى فى المسافة الواقعة بين قمتى موجتين متتاليتين . فتلك التى طولها جزء من أربعة وثلاثين ألف جزء من البوصة هى موجة الضوء الأحمر ، وتلك التى طولها نصف هـذا القدر تقريبا هى موجة الضوء البنفسجى ، وتلك التى طولهـا بضعة أجزاء من ألف جزء من البوصة هى موجة الحرارة المتشععة ، أما تلك التى يتراوح طولها بين ربع بوصة و بضعة أميال فهى الموجة الـكهرطيسية، وهى التى تنقل الوسائل اللاسلـكية .

وقد دلت التجارب على أن هـذه الموجات جميعها من النوع المستعرض ، أى التى تتحرك فى اتجاه عمودى على اتجاه سير الموجة ، لا من النوع الطولى أى التى تتحرك جيئة وذهاباً فى اتجاه سير الموجة . ويمكن توضيح الموجات المستعرضة بملاءة (مفرش) موضوعة فوق نضد . فإن أنت أمسكت بأحد أركانها الأربعـة ثم هززته إلى أعلى و إلى أسفل تكونت فيهـا تموجات من أولها إلى آخرها . فالملاءة لا تنتقل كما تنتقل التموجات ، و إنما تتكون التموجات من تحرك أجزاء الملاءة الدقيقة على التوالى إلى أعلى ثم إلى أسفل . وعلى ذلك فالأثير لا يتحرك فى اتجاه سير الموجة ، ولـكنه ينفعل فتتحرك أجزاؤه الدقيقة المـكونة له على التوالى إلى أعلى ثم إلى أسفل أو جانبيا فى اتجاه عمودى على اتجاه سير الموجة . وتسير الموجات قادمة إلينا أو ذاهبة عنا على حين يبقى الأثير نفسه ثابتاً فى مجموعه .

وهنا لا بد من لفت النظر إلى أن هـذه الموجات هى المسببة للضوء والحرارة والقوة

الكهرطيسية ، وليست هى هذه الأشياء نفسها . فالموجات الضوئية تسبب الضوء ، والموجات الحرارية (أو الحرارة المتشععة) تسبب الحرارة ، والموجات الكهرطيسية (الكهربائية المغناطيسية المتشععة) تسبب التيارات الكهربائية . وهذه التفرقة بين السبب والنتيجة تساعدنا كثيراً على تجنب الخطأ .

وللموجات قوى نفاذة مختلفة . فمثلا تخترق موجات الضوء الزجاج النقى الصافى ، على حين أن هذا الزجاج يصد بعض الموجات الحرارية . أما السطوح السوداء فتمتص هذه الموجات فتتحول الموجات إلى حرارة عادية ، فى حين أن السطح الأبيض يعكسها أى يردها مقصيا إياها بعيداً عنه .

وكما أن السطح الأسود يمتص الموجات الحرارية ويحيلها حرارة نحس بها ، كذلك يمتص الموصل الكهربائى (السلك المعدنى مثلا) الموجات الكهرطيسية ويحيلها تيارات كهربائية عادية ، وفى الوقت ذاته تسمح الأجسام غير الموصلة من أمثال الزجاج والطوب لهذه الموجات باختراقها والمرور فيها .

التلغراف اللاسلكى

وبدهى أن أولى صيغ التلغراف اللاسلكى هو التلغراف الضوئى الذى شرحناه فى الفصل الثالث عشر ، فيحرك شخص راية فوق ربوة ، أو يوقد ناراً أو مصباحاً فوق تل عال . فالراية أو النار أو المصباح هى المرسل الذى اختاره لإثارة الأثير وتحويله إلى موجات تسير قدماً فى خطوط مستقيمة بسرعة عظيمة إلى أن يلتقطها مستقبل ، هو فى هذه الحالة عين الشخص الذى يرقب الضوء من نقطة يستطيع فيها أن يراه .

وبعد ذلك ظهر التلغراف الكهربائى السلكى ، وهو الذى يستعمل فيه سلكان لتكملة الدائرة الكهربائية . وفى سنة ١٨٣٨ أمكن أن يستعاض عن أحد السلكين بالأرض ، ولم يقلل ذلك من مقدار التأثير فى الأسلاك بل كان التأثير أقوى ضعفين ، فكان هذا الاستغناء عن أحد السلكين الخطوة الأولى فى سبيل اللاسلكى .

وكانت الخطوة التالية بطبيعة الحال التخلص من السلك الثانى .

وقد حاول مورس ذلك فقد بعث بإشاراته سنة ١٨٤٢ عبر نهر سسكويهانا دون استعمال أسلاك ، أى دون موصل يصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال . وكل ما صنعه أن مد على كل من ضفتى النهر سلكا يبلغ طوله ثلاثة أمثال عرض النهر ووصل أحد السلكين ببطارية ومرسل ، ووصل الآخر بمستقبل أو جلفانومتر . ثم وصل كلا منهما من الناحية الأخرى بلوح نحاسى كبير رُمى به فى الماء . ورأى مورس أنه يشترط لإرسال الرسائل إلى مسافة معينة أن يكون لكل سلك طول خاص ملائم ولكل لوح نحاسى مساحة كبيرة معينة . وظاهر أن التيار يسرى من أحد اللوحين إلى الآخر وإن يكن يتبدد منه جزء فى الماء . وهنا يحسن أن نلفت النظر إلى أن المصطلح « تلغراف لاسلكى » المطلق على تلك الأجهزة الكهربائية مصطلح فيه بعض التضليل ، لأنه ينفى استعمال الأسلاك فى حين أن تلك الأجهزة مملوءة كلها بالأسلاك . ولكن المقصود باللاسلكى ألا يتصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال بأية أسلاك .

وفى تلك السنة عينها استطاع اسكتلندى من دندى يدعى جيمس بومان لندسى أن يرسل بنفس الطريقة إشارات عبر نهر تاى . وفى سبتمبر سنة ١٨٥٩ قرأ لندسى أمام أعضاء الجمعية البريطانية بدندى رسالة قال فيها إن تجاربه وحساباته قد دلته على أنه إذا مدت أسلاك طويلة على كل من شاطىء أمريكا وشاطىء بريطانيا ، واستخدمت بطارية كبيرة ، مساحة ألواحها ثلاثة آلاف قدم مربع ، وملف وزنه ثلثمائة رطل انجليزى فإنه يستطيع أن يبعث برسالة من بريطانيا إلى أمريكا . ولكن الحاجة إلى المال قعدت بالرجل عن أن يجرى تجاربه على نطاق واسع يكسبه التأييد العام . ومات سنة ١٨٦٢ دون أن يبلغ مأربه .

وقد أمكن فعلا إحداث التواصل عن طريق إرسال الإشارات الكهربائية خلال المادة بالتوصيل ، أى عن طريق سريان التيارات الكهربائية فى دائرة . أما عن الإرسال اللاسلكى ، أى حينما يستعاض عن سلك واحد أو عن سلكين بالأثير ، فلا يكون لدينا إلا اتباع طريق من اثنين : التأثير والموجات الهرتزية .

فأما طريقة التأثير فنحن نعلم أنه متى أرسل تيار خلال سلك ظهرت فى الأثير

المحيط به آثار المغناطيسية ويصبح السلك وكأنما هو قلب المجال المغناطيسي . وتمتد الموجات المغناطيسية فى جميع الجهات إلى مسافة غير معينة ، فإذا ما قابلت سلكا موازياً للسلك المتكهرب أوجدت فيه بالتأثير تياراً مشابهاً للتيار الأول الذى أوجدها ، فمتى ما وجدت الكهربائية وجدت المغناطيسية والعكس بالعكس . فالكهربائية تحدث مغناطيسية والمغناطيسية تحدث كهربائية ، وهذا يظهر على أتمه فى تلفون بل ، وقد سبق لنا شرحه فى الفصل الرابع عشر .

وقد أمكن استخدام هذا الكشف فى صدد ما نحن فيه . ففى سنة ١٨٨٥ أقام سير وليم بريس بالقرب من نيوكاسل مربعين من الأسلاك المعزولة طول أسلاك كل منهما ربع ميل ، ووضعهما أفقيين ومتوازيين وعلى بعد ربع ميل . فلما أرسل فى أحدهما تيارات كهربائية أمكنه أن يدرك فى الآخر تيارات كهربائية باستخدام تلفون . وقد وجد أن التلفون قد تأثر لما بلغت المسافة بين المربعين ألف ياردة لا أربعمائة وأربعين . وبذلك أثبت سير وليم بريس عمليا أن الإشارات يمكن أن ترسل دون أى اتصال أرضى ، أى خلال الأثير وحده . وفى سنة ١٨٨٦ استطاع أن يبعث بإشاراته إلى مسافة أربعة أميال ونصف ميل . وفى سنة ١٨٩٢ أوجد اتصالا منظما بين فلانهولم ، وهى جزيرة فى بحر برستول ، وبين لافرنوك التى تبعد ثلاثة أميال ونصف ميل عن شاطئ ويلز . وكان فى الإمكان أن يطرد نجاح هذه الطريقة لولا أن ظهر لها منافس أقوى هو الموجات الهرتزية . وإليك التجربة التى استكشف بها هرتز هذه الموجات التى كانت سبباً فى تقدم اللاسلكى .

تجربة هرتز

ففى سنة ١٨٨٧ استكشف هرتز أنه إذا فرغت زجاجة ليد (والتفريغ حدوث شرر كهربائى) خلال أسلاك بها فجوة هوائية هى التى يظهر الشرر عندها ، فإن شرراً مثله يحدث عند فجوة أخرى مماثلة فى دائرة تامة أو مربع من الأسلاك موضوع على مسافة ما من الزجاجة . وهذه العين الكهربائية أو الكاشف الكهربائى يمكن أن تنظم فجوتها عن طريق لولب ، بحيث يكون شررها أكبر ما يمكن عندما تصل إلى اتساع مخصوص . وعندئذ يكون هذا الكاشف أو المستقبل مترنماً مع المثير أو المرسل . واستنتج هرتز الحقائق الثلاث الآتية :

أولا — يحدث التفريغ الكهربائى موجات كهرطيسية قوية تنتشر فى الأثير فى جميع الجهات .

ثانياً — أن هذه الموجات يمكن اقتناصها أو التقاطها .

ثالثاً — أن التقاط هذه الموجات سهل جداً و إنما بتوافر شروط خاصة.

ومن هذه الكشوف أو النتائج الثلاث نشأ التلغراف اللاسلكى أولا ثم التلفون اللاسلكى فالراديو ثانياً . فمركونى الإيطالى والأستاذ برانلى البار يسى ، وسير أولفرلودج والدكتور فلمنج الإنجليزيان و إديسون الأمريكى وكثيرون غير هؤلاء قد عملوا فى السنين الأخيرة كثيراً فى تحسين سبيل الأجهزة المستعملة اليوم وطرق استعمالها حتى بلغ التواصل اللاسلكى ما بلغه من الازدهار فى الوقت الحاضر .

(شكل ٩٤) جوجليلمو مركونى

تلغراف مركونى

ويتألف مرسل مركونى الحالى من ثلاثة أجزاء رئيسية : بطارية وملف تأثيرى ينتهى بكرتين نحاسيتين تفصل بينهما فجوة من الهواء ، ومرسل من مرسلات مورس . ويتسلط على المرسل تيار من البطارية يمر خلال الملف ، ويجمع الكهربائية فوق كرتى النحاس حتى تصبح قادرة على أن تزحف أو تقفز من إحدى الكرتين إلى الأخرى ملايين المرات محدثة ما يسمى شرراً . وكلما اتسعت الفجوة الهوائية بين الكرتين احتيج إلى كهربائية أكثر قبل أن يحدث هذا الزحف أو القفز ، وكبرت من ثم قوة الاهتزازات .

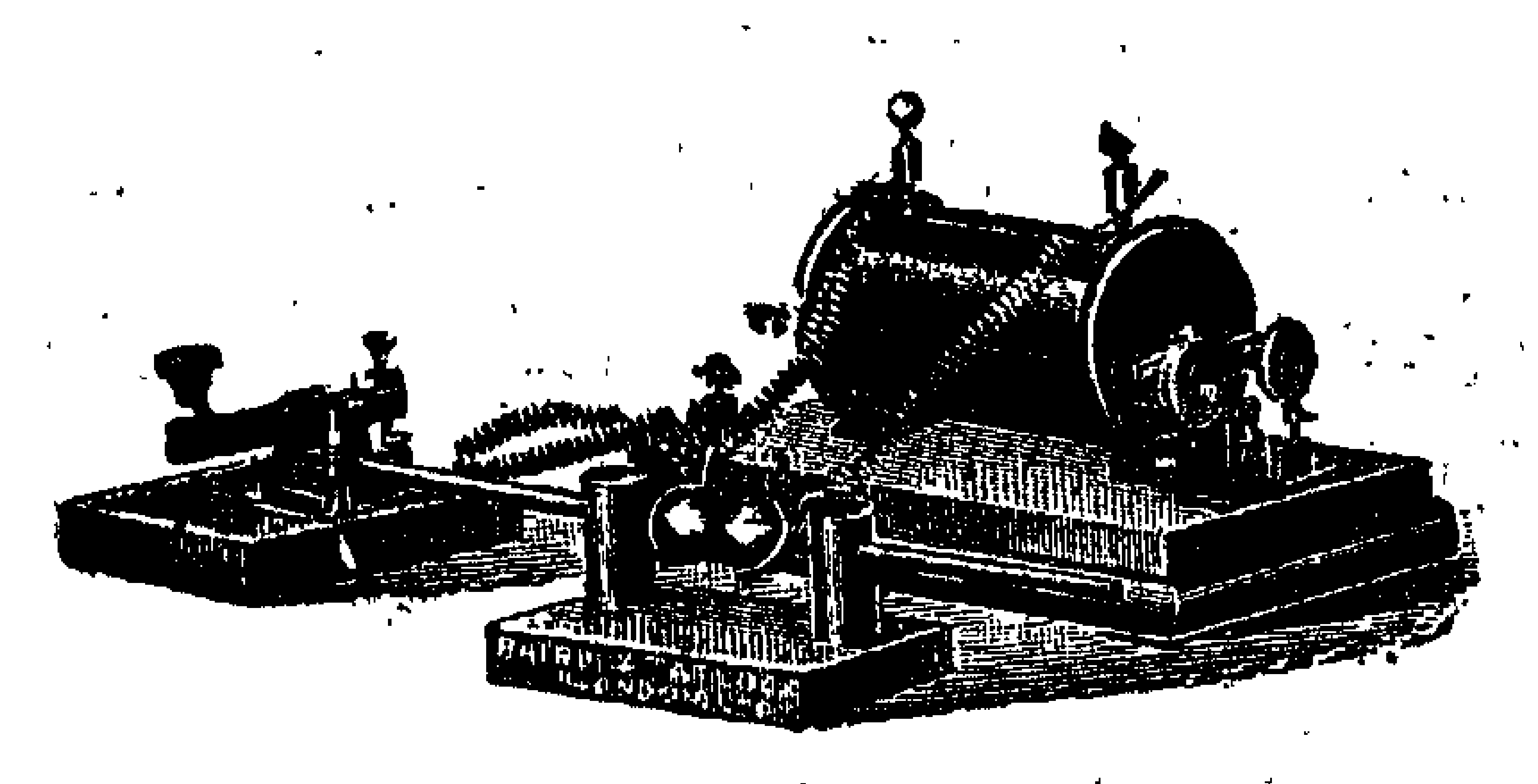
وقد وجد مركونى أن التأثير يزداد زيادة عظيمة إذا ما وصل بإحدى الكرتين طيارة أو منطاداً صغيراً (من طيارات ومناطيد الأطفال) مغطيين بالقصدير ، بوساطة سلك من الألومنيوم . ثم استعاض عن الطيارة أو المنطاد بموصل يوضع على سارية عالية يبلغ ارتفاعها مائتى أو ثلاثمائة قدم .

وهذا هو المرسل فما هو المستقبل ؟

فى سنة ١٨٧٩ لاحظ الأستاذ هيوز أن الميكروفون المتصل بالتلفون يحدث فى هذا التلفون أصواتاً حتى لو كان الميكروفون على بعد بضعة أقدام من الملف الذى يسرى فيه التيار . وقد وصفنا الميكروفون عند الكلام على التلفون . وقد وجد هيوز أن الميكروفون المعدنى تلتصق أجزاؤه إذا ما أثرت فيه موجة ، أما الميكروفون الكربونى فإنه يستعيد بسرعة حالته الأولى عندما ينعدم أثر الموجة .

(شكل ٩٥) يحدث الاهتزازات الكهربائية أو الموجات الهرتزية

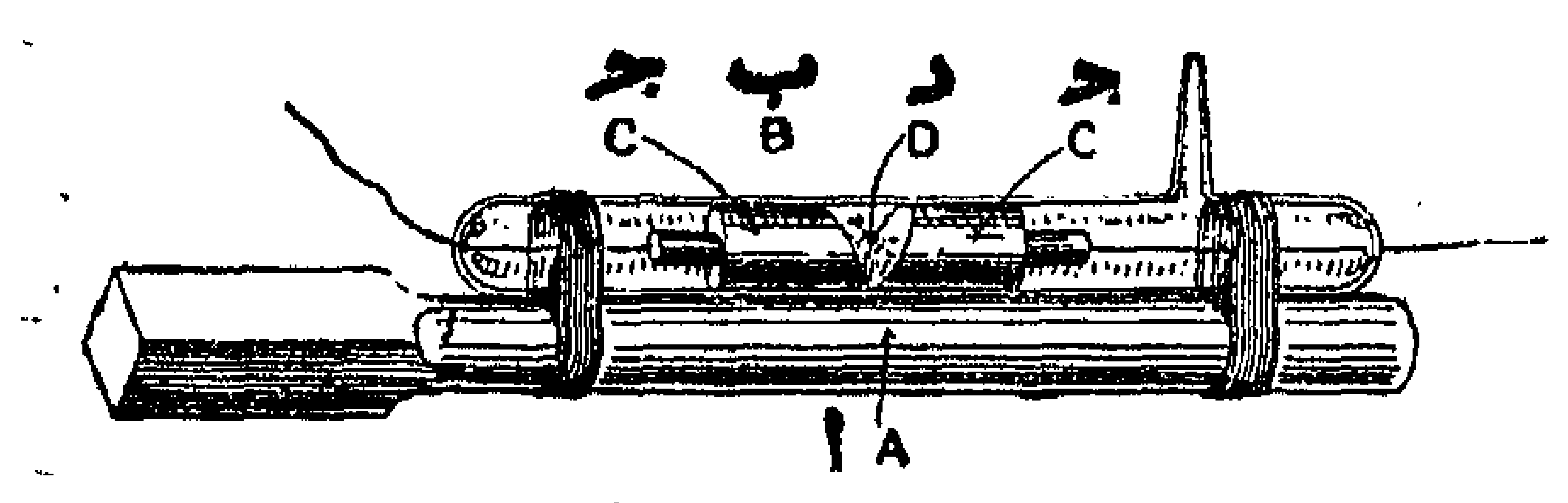
وفى سنة ١٨٩١ صنع الأستاذ برانلى الباريسى جهازاً سماه « رابطاً » ، وما هو فى الحقيقة إلا ميكروفون . وبعد ذلك بخمس سنين صنع مركونى رابطاً جديداً من اختراعه



(شكل ٩٦) مرسل مركونى التلغرافى اللاسلكى

ويتألف من أنبوبة زجاجية صغيرة يبلغ طولها نحو بوصتين ويبلغ قطرها الداخلى عشر بوصة . وثبت عند كل من طرفيها سلك صغير ينتهى بسداد فضى محكم . وبين هذين السدادين تركت مسافة يبلغ طولها جزءاً من اثنين وثلاثين جزءاً من البوصة ، وقد ملئت هذه المسافة ببرادة من النيكل والفضة بنسبة ٩٦ من الأولى إلى ٤ من الثانية ، ومع هذه البرادة أثر ضئيل من الزئبق . والأنبوبة مفرغة من الهواء قبل غلقها ، ويكاد تفريغها يكون تاماً . فهذه الفجوة المملوءة بالبرادة لا توصل الكهربائية إلا إذا صدمتها موجة

كهرطيسية ، لأن الحبيبات عندئذ تتضاغط بعد تفرق وتسمح للتيار بالمرور . فإذا ما سرت فى الأثير موجة هرتزية ثم لطمت هذا الجهاز ، فإن الحبيبات تتضاغط على الفور مكونة شبه جسر يعبره التيار . ويدخل الرابط فى دائرة المستقبل التى تتألف منه ومن بطارية ومن مستقبل مورس التلغرافى . وإذا ما هز الرابط أو لطم بمطرقة صغيرة لطما خفيفاً فقد خاصية التوصيل إذ تتفرق حبيباته ، ويصبح معداً لاستقبال موجة أخرى . وفى رابط مركونى توجد مطرقة صغيرة تطرقه باستمرار على فترات قصيرة جداً لكى تعيده إلى حالته الأولى ، حالة تباعد الحبيبات فيصبح معداً دائماً لتلقى أية موجة ترسلها محطة الإرسال .



(شكل ٩٧) رابط مركونى

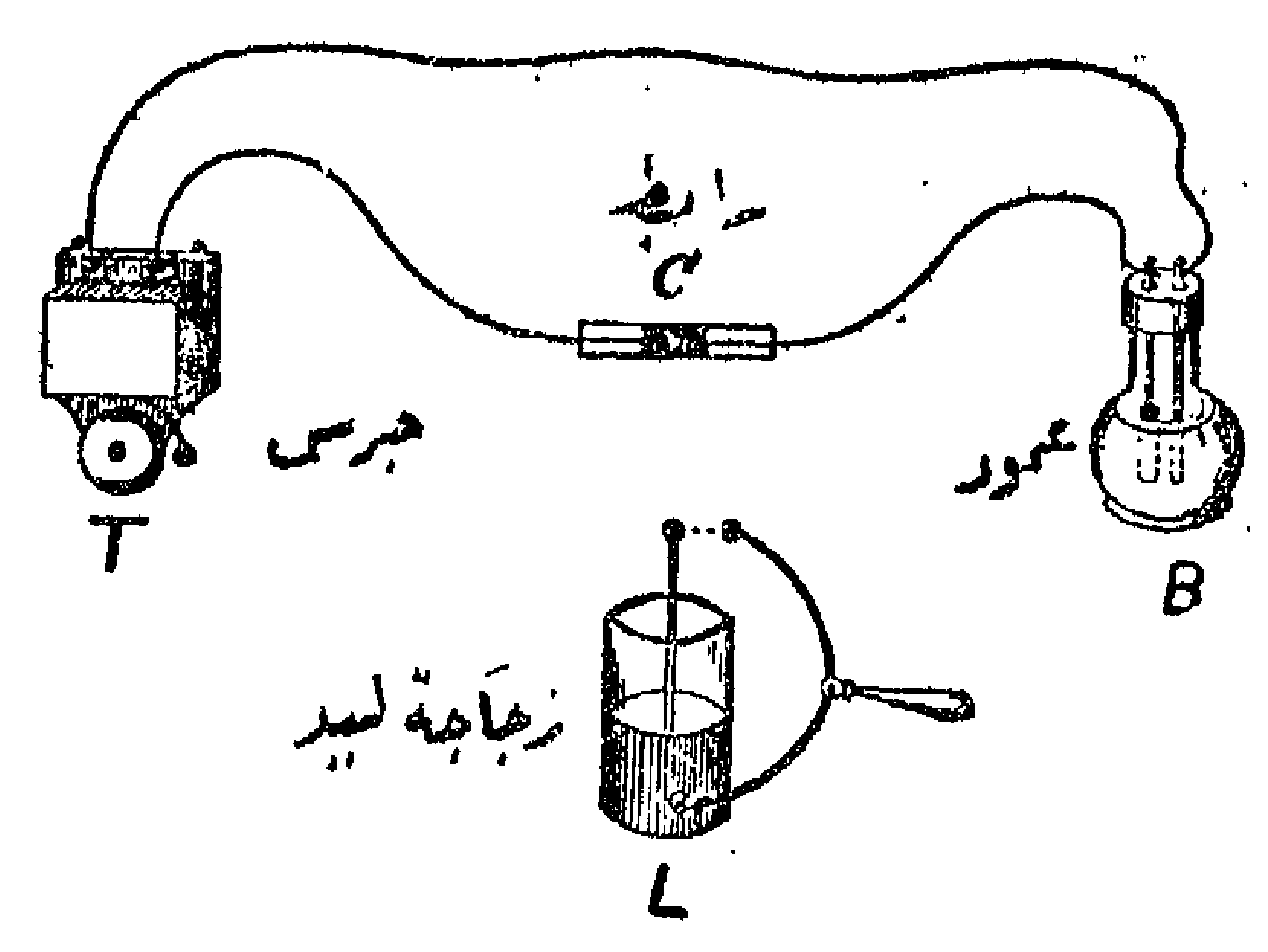
وفيه ساق من العظم ا تحمل فوقها أنبوبة زجاجية ب ، وقد سد طرفاها بسدادين جـ ، جـ من الفضة ، ووضع فى الفجوة د برادة من النيكل والفضة

فالذى يحدث هنا هو أن التيارات المهتزة فى محطة الإرسال تبعث موجات كهرطيسية فلما تلطم هذه الموجات جهاز الاستقبال تولد فيه تيارات تشبه تلك التى أرسلت الموجات وإنما أضعف منها قوة . ووظيفة الرابط هنا أن يدرك هذه التيارات الضعيفة جداً .

ونحن نعرف أن الموجات تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية ، وعلى ذلك فلكى تحدث موجات طولها ١٠٠٠ قدم مثلا تحتم على محطة الإرسال أن ترسل حوالى مليون موجة كهرطيسية كل ثانية . أى أن يكون تذبذب التيار مليون مرة تقريباً فى الثانية . والمستقبل الحديث نوع من ذلك الرابط دخله كثير من التحوير والتحسين مع بقاء الأساس واحداً فى الاثنين . وتدرك الإشارات عن طريق سماع صوت الطرقات فى مستقبل تلفونى .

ولسنا هنا بصدد ما أدخل مركونى من التحسينات وشرحها تفصيلا ، ولكننا نكتفى بأن نقول إنه تغلب بالتدريج على عقبة طول المسافة بين محطتى الإرسال والاستقبال . ففى

سنة ١٨٩٦ ذهب إلى انجلترا ، وهناك فى تلك السنة أرسل إشارته الأولى من حجرة فى إدارة البريد فى الدور الأول إلى حجرة أخرى فى الدور الثانى تبعد عن الأولى مائة ياردة . ثم نجح بعد ذلك فى إرسال رسالة بين محطتين فى سهل سالسبورى تبتعدان عن بعضهما ميلين . وفى مايو سنة ١٨٩٧ طالت



(شكل ٩٨) أساس اللاسلكى
عند تفريغ زجاجة ليد تتولد شرارة ، فتنتشر موجة هرتزية يلتقطها الرابط وتقرب حبيباته فتجعل منها موصلا متواصلا ، فيسرى تيار من العمود الكهربائى ويسمع دق الجرس

المسافة إلى ثلاثة أميال وثلث ميل . وقد حدث ذلك فى ظرف دقيق ، لأن سير وليم بريس كان قد تخطى الفجوة بطريقته التأثيرية كما مر بنا ، وظل مركونى ثلاثة أيام يعمل فى سبيل توسيع المسافة وهو يخفق حتى سرى الظن بأن طريقة بريس أجدى من طريقته . ولكن لما نقل مركونى جهاز الإرسال إلى أسفل الصخرة التى كان قد أقامه عليها ثم وصله بسلك إلى سارية أقامها على أعلى الصخرة نجح أيما نجاح ، لأنه بذلك أطال السلك الذى يرسل الموجات . وبذلك تدرجت المسافة بين محطتى الإرسال والاستقبال من بضعة أميال إلى ألوف الأميال ، وأمكن حدوث التواصل اللاسلكى بين انجلترا وأمريكا ، وكان ذلك فى اليوم التاسع عشر من ديسمبر سنة ١٩٠١ .

ادخال تحسينات جوهرية فى التلغرف اللاسلكى

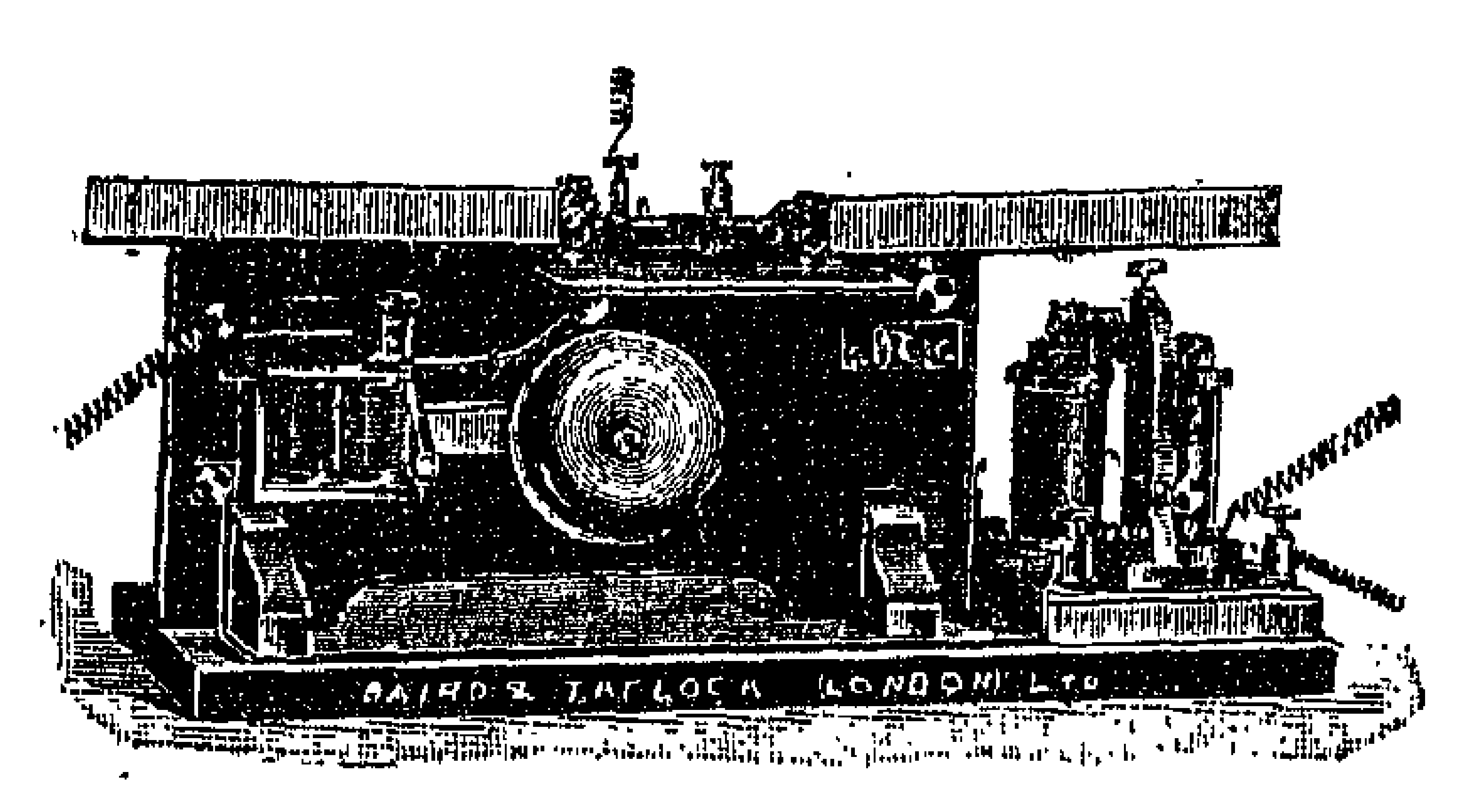
ولما نجحت وسائل التخاطب اللاسلكى عبر الأطلنطيق فى نهاية سنة ١٩٠١ ظهر من قام يقلل من شأن الاختراع . وهاجم النقاد مسألتين :

قالوا أولا إن الإرسال بطىء وإن البطء نقص عظيم . ولكن مركونى رد عليهم بقوله إنه قد مضى زمن كانوا يعتبرون فيه إرسال كلمة واحدة كل دقيقة عبر الاطلنطيق

عن طريق التلغراف البحرى نصراً عظيما ، فى حين أنه يمكن باختراعه أن يرسل عشرين كلمة فى الدقيقة لمسافات أطول ، وأن السرعة المبتغاة فى الإرسال لا بد مدركة مع الزمن.»

وقالوا ثانياً إن الاحتفاظ بسرية الرسائل أصبح غير ممكن ، وهذا عدا ما يحدث من اختلاط الرسائل حين تخترق الأثيرَ جملةُ موجات كهرطيسية .

وكان مركونى خلال تجاربه قد وقف على هذه العيوب وبحث عن وسائل تلافيها ، وذلك بجعله المستقبل قابلا للتأثر بموجات خاصة يحدثها مرسل خاص ، حتى إذا أرسلت رسائل مختلفة من مرسلات مختلفة فى وقت واحد التقط المستقبل الإشارات الخاصة به دون سواها ، فلا يحدث من ثم اختلاط فى الإشارات يحول دون فهم معناها . وحقق إلى حد ما فكرته هذه بتطبيق ظاهرة الرنين المعروفة فى الصوت . فلو أنك شددت على الكمان وتراً يعطى نغمة تتحد فى الدرجة مع أحد أوتار البيانو مثلا ، ثم أمسكت بالكمان ودق أحد صحبك على وتر البيانو اهتز وتر الكمان واهتزت الكمان كلها وأعطتك صوتاً يستجيب لصوت البيانو .



(شكل ٩٩) مستقبل مركونى التلغرافى اللاسلكي وبه رابط

فبمثل هذه الطريقة يمكنك أن تضبط جهازاً لاسلكيا بحيث يكون «مترنماً» مع آخر فيستجيب له ، وتستطيع بسهولة أن تلتقط الإشارات المرسلة من هذه المحطة التى تكون متوافقة أو مترنمة مع جهازك دون أن تتأثر بالمحطات الأخرى غير المتوافقة معها .

وهذا الضبط أو الترنم يمكن إحداثه عن طريق إجراء عدة تعديلات كهربائية ليس هذا مكان شرحها . ويكفى أن نقول إن العامل فى محطة الإرسال يستطيع أن يهيىء جهازه بحيث يرسل موجات أثيرية ذات طول موجى خاص ، فإذا ما تم له ذلك أمكن لجهازه أن يؤثر فى أجهزة الاستقبال التى لها نفس الطول الموجى ، ويستجيب أيضاً لكل الموجات التى لها نفس الطول . ولكل سفينة أو محطة نغمة خاصة أى طول موجى معروف

لجميع المحطات والسفن الأخرى . وإذا لم يكن جهاز السفينة أو المحطة مشتغلا بإرسال إشارات فإنه يعد للاستجابة للنداء الذى يوجه إليه ، وذلك بضبطه على موجته الخاصة ، حتى إذا ما أراد أن يتصل بها أحد ضبط جهازه بحيث يكون مترنماً معها ، ثم ناداها وبذلك يبدأ الحديث .

وكلما كانت الموجة طويلة كانت أقدر على اختراق المسافات وعلى ذلك فبعض المحطات والسفن مجهزة لمسافات أطول من مسافات الأخرى . ومعظم أجهزة السفن من النوع القصير المسافة التى لا يتعدى مداها بضع مئات من الأميال ، ولكن هذا لا يمنع اتصالها بالشاطىء البعيد فى سياحة عبر الاطلنطيق مثلا ، لأن رسائل هذه السفن يمكن أن تجدد . ومعنى هذا أنها ترسل لسفينة أخرى ، وهذه

(شكل ١٠٠) المرسل والمستقبل وقد وصل كل منهما بسارية (موصل هوائى) هى فى المرسل باعثة الموجات وفى المستقبل لاقطتها

بدورها توصلها لأخرى وهكذا حتى تصل الرسالة إلى المكان المطلوب ، وبذلك يكون المسافرون على اتصال تام بصحبهم وذويهم ومحال أعمالهم ، بل يكونون على اتصال أيضاً بأحدث أخبار العالم لأن بعض السفن الكبيرة بعد التقاطها الأخبار تطبعها وتوزعها على المسافرين .

على أن التجارب الحديثة أثبتت أن الموجات القصيرة أقدر من الموجات الطويلة على قطع المسافات الشاسعة لا عن طريق الانتشار المباشر بل عن طريق الانعكاس عن الطبقتين الموجودتين فى الجو ، وأولاهما تعرف بطبقة «هفسيد» وتوجد عادة على بعد يتراوح بين

٦٥ ميلا و ٧٠ ميلا فوق سطح الأرض ، وتعرف الثانية بطبقة «أبلتون» وتوجد على بعد يتراوح بين ٩٠ ميلا و ٢٥٠ ميلا .

ويجلس عامل اللاسلكى وجهازه التلفونى اللاقط مثبت فوق رأسه ، يسمع به النقط والشرط حسب قانون مورس التلغرافى فتبدو هذه النقط والشرط كالكلام الواضح الصريح . ومنها يعرف الحديث الدائر والأخبار المرسلة وأحياناً يسمع إشارة الخطر وهى نداء الاستغاثة . ومن ذا الذى يستطيع أن يصور لنا شعور عامل اللاسلكى فوق الباخرة « كارباثيا » فى ذلك اليوم المشئوم وقد سمع نداء الباخرة « تيتانك » العظيمة وهى تبعث به فى الأثير قائلة : « إننا نغرق ، فالغوث الغوث ! » إنه يكاد لايصدق أن تيتانك العظيمة التى لا يمكن أن تغرق ، تيتانك الهائلة أكبر باخرة مخرت البحار — يطغى عليها الموج وأنها تغرق ! !

نستطيع أن نتصور إسراعه إلى القبطان يخبره بالفاجعة الأليمة ، ثم يعود مسرعاً إلى مكانه ليبعث برسالة تشجيع إلى تيتانك وهى فى محنتها ، يخبرها أن كارباثيا مسرعة إليها لنجدتها . وهو بلا شك سيظل متصلا بها لاسلكيا ليعرف ما تم من أمرها . وليتصور القارئ شعوره بالخيبة العظيمة حين يجد الإشارات اللاسلكية من الباخرة الغارقة قد انقطعت فتنقطع عنه أخبارها ، ويؤذنه سكوتها بالنهاية المفجعة وهو لا يستطيع إزاءها شيئاً .

ولكن النداء لا يجىء متأخراً فى كل حالة ، ولولا سوء الحظ لكان نداء الاستغاثة الذى بعثت به تيتانك وصل إلى سفن أخرى أقرب إليها من كارباثيا ، فأسرعت لنجدتها ووصلت إليها فى الوقت المناسب . وفى كثير من الحالات أمكن إنقاذ سفن كانت على وشك الغرق ، أو على الأقل إنقاذ الركاب ، إذا لم يمكن إنقاذ السفينة وما عليها .

وبهذه الكيفية نشأ التلغراف اللاسلكى ونجح ، وكان نشوؤه ونجاحه بمثابة تطبيق عملى للنظرية المغناطيسية الكهربائية التى قال بها مكسويل . وكانت النتيجة أن الموجات الكهرطيسية التى تنبأ بها وحققها هرتز من بعده أصبحت مألوفة ، لا عند العلماء النظريين أو أضرابهم من البحاثين بين جدران المعامل فحسب بل فى الحياة عامة . وكذلك قام دليل

غير مطعون فيه على أن الفكرة الأساسية فى نظرية مكسويل فكرة صحيحة ، بل هى فوق ذلك ذات فائدة عملية واسعة النطاق عميقة الأثر فى الحياة . فالفضل كان لمكسويل أولا ، ثم لهرتز ثانيا ، فالأول تنبأ بالموجات نظريا ، والثانى استكشفها عمليا . أما ماركونى فلم يستكشف شيئاً ، ولكنه طبق هذه الكشوف العملية وجعلها أساساً لمخترعاته الناجحة .

التلفون اللاسلكى أو الراديو

مر بنا كيف أثمرت جهود سير وليم بريس فى إمكان التواصل بين محطتين متباعدتين دون وصلهما بموصلات معدنية ، وذلك عن طريق التأثير الكهربائى الذى يقضى بمرور تيار تأثيرى فى أحد سلكين إذا مر فى ثانيهما تيار آخر . فهذا التيار المؤثر إذا مر خلال مرسل تلفونى تغير بتغير الموجات الصوتية ، وتغيرت من ثم بطبيعة الحال التيارات التأثيرية تغيراً مشابهاً حتى إذا مرت خلال مستقبل تلفونى أحدثت نفس الصوت . ولقد مر بنا شرح ذلك عند الكلام على التلفون السلكى الكهربائى . فكان التواصل الذى اخترعه سير وليم بريس أول تلفون لاسلكى .

على أن هناك نوعاً آخر من تلفون لاسلكى أسفرت تجربته عن نجاح أيضاً . وهذا التلفون مبنى على أمرين : أولهما أنه إذا غذى قوس ضوئى كهربائى بتيار مطرد السريان ، ثم أضيف إليه تيار صغير متغير ، فإن وضاءة الضوء تتغير بتغير التيار . وعلى ذلك فالموجات الصوتية يمكن أن تتحول عن طريق جهاز التلفون إلى تغيرات فى وضاءة الضوء . وثانيهما أن هناك فلزاً خاصاً هو السيلينيوم تزيد قدرة توصيله للكهربائية إذا ما زاد الضوء الساقط عليه . وعلى ذلك فالمصباح القوسى إذا جهز بعاكسات ملائمة تعكس ضوءه إلى مسافة ما ، على طريقة الضوء الكشاف ، أمكن أن تسقط أشعته على السيلينيوم الموجود فى محطة أخرى بعيدة ، وإنما يصلها هذا الضوء . فالتيارات الآتية من المرسل التلفونى تغير من ثم ضوء القوس ، فتتغير بدورها مقاومة السيلينيوم ، وتتغير تبعاً لها شدة التيار السارى خلاله والسارى خلال مستقبل التلفون .

وبهذه الطريقة غير المباشرة تتجدد فى المستقبل الأصوات الساقطة فى المرسل .
وقد تطورت هذه الطريقة الأخيرة وصارت تستعمل فى السينما الناطقة .

غير أن نجاح مركونى فى التلغراف اللاسلكى قد لفت الأنظار إلى إمكان نقل التيارات البسيطة المتغيرة اللازمة لنقل الأصوات بطريقة مشابهة لتلك المستعملة فى إحداث النقط والشرط .

وكان من الضرورى فى مبدأ الأمر العثور على وسيلة بها يستطاع إرسال سلسلة متتابعة من الموجات الأثيرية عبر الفضاء ، بدلا من ذلك الرشاش المتقطع (إذا جاز التعبير) الذى يحدثه الملف التأثيرى .

المرسل فى الراديو

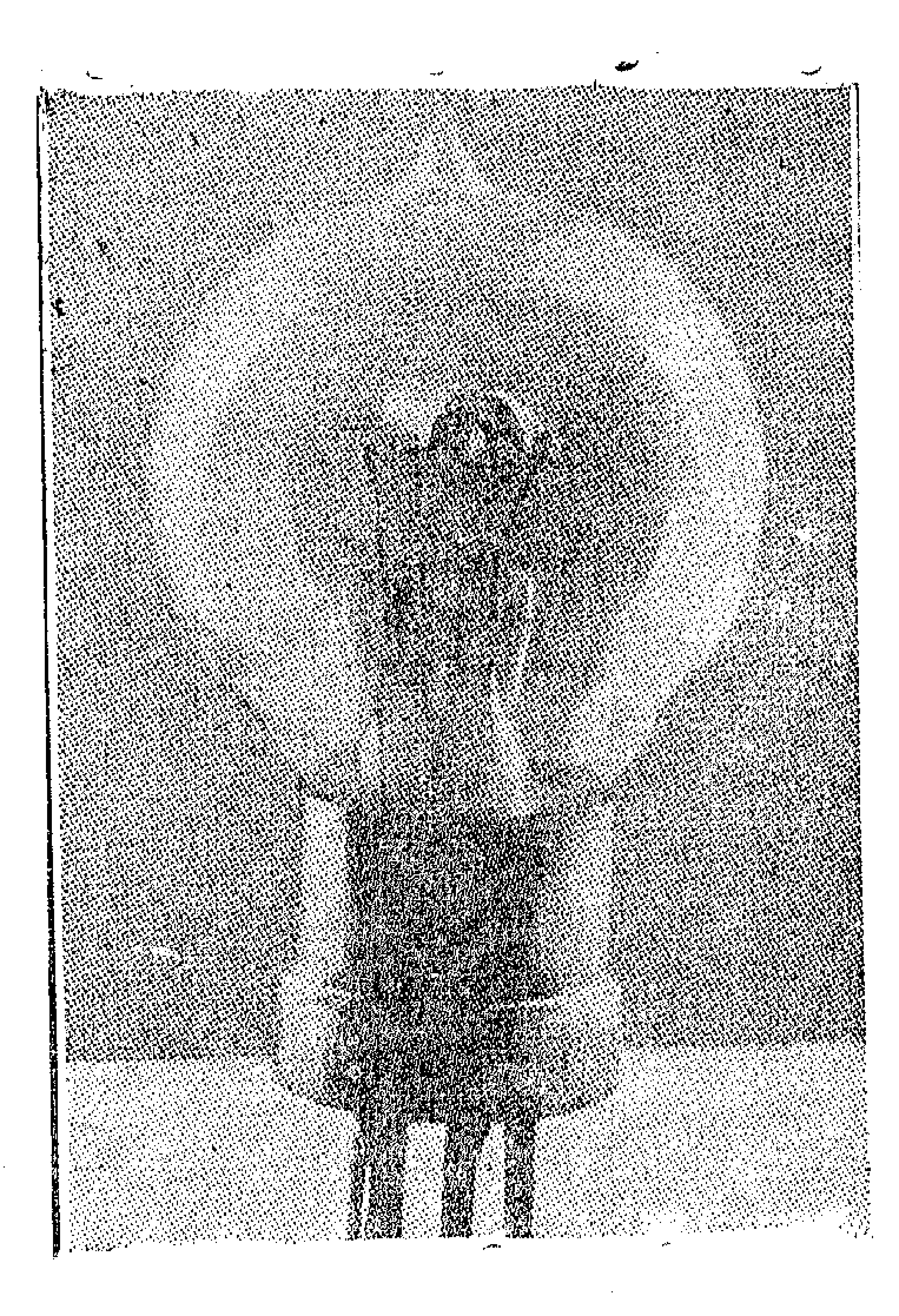
ولهذا اخترع فسندن ، وهو من أمهر المشتغلين بالكهربائية ، دينامو لهذا الغرض يمكنه أن يبعث بتيار متردد فى سلك هوائى ، وهـذا التيار يتذبذب ٧٥٠٠٠ مرة فى الثانية . وهذه سرعة فى التذبذب لا يدركها العقل . وقد كان هـذا هو كل المطلوب ، لأن التغير المنتظم الذى يحدثه الدينامو معناه سلسلة موجات منتظمة مستمرة تخرج من السلك الهوائى إلى الأثير . وهناك صعوبات ميكانيكية تعترض سبيل الآلة التى تسير بالسرعة العظيمة اللازمة لتوليد هذه التيارات السريعة ، ولـكن القوس الذى اخترعه المخترع الدنمركى الشهير بولسن قد تخطى كل عقبة .

والقطب الموجب فى هذا القوس الـكهربائى من النحاس ، وقطبه السالب من الـكربون . والقطبان محاطان بغاز الايدروجين أو غاز الاستصباح أو بخار الـكحول . ويسرى من دينامو تيار قوته ٢٠٠ فولت إلى النحاس ثم إلى الـكربون . وفى الوقت عينه يتصل سلكان آخران أحدهما بالنحاس والثانى بالـكربون ، يكوّنان دائرة أخرى تحتوى على ملف وعلى مكثف . فمتى ما سرى التيار من الدينامو الى القوس حدثت فى دائرة المـكثف والملف اهتزازات كهربائية شديدة ذات تردد كبير مستمر بشكل يكاد يكون منتظما ، وقد تبلغ المليون فى الثانية متى أريد ذلك . ويمكن استخدامها لإحداث

الموجات المطلوبة للتلفون اللاسلكى ، وذلك بإدخال مرسل تلفونى فى الدائرة الثانية ، وهى التى تحدث فيها هذه التيارات المهتزة التى ستتغير شدتها من ثم تبعاً لموجات الصوت الساقطة فى البوق . فتتغير إذن تلك التيارات التى تحدثها الاهتزازات فى السلك الهوائى المجاور بتغير الصوت ، بل تتغير أيضاً الموجات الأثيرية التى تنبعث منها . ومن هذا يتضح لنا كيف يمكن إرسال سلسلة موجات مطردة سريعة جداً ، تتغير قوتها باستمرار تبعاً لارتفاع الموجات الصوتية أو انخفاضها .

المستقبل فى الراديو

بعد هـذا يجىء جهاز المستقبل الذى يتلقى هذه الموجات ويحولها إلى موجات صوتية . وهنا لا يصلح الرابط الذى سبق ذكره ، فهو لا يستجيب بسرعة كافية ، وهو غـير حساس الحساسـية المطلوبة . وقد اخترعت لذلك عدة أجهزة لاقطة تفى بالغرض ، وأحسـنها هو الصمام الترميونى الذى لولاه لما تقدم التلفون اللاسلكى ولا تقدم فن الراديو هـذا التقدم المدهش ولا ارتفع إلى مستواه الحالى . فهو الذى يقوم بمختلف الأعمال من تقويم للتيار وتكبير للموجات اللاسلكية وتضخيم للصوت .



(شكل ١٠١) الصمام الترميونى
وبه تقدم اللاسلكى تقدمه الحالى . وقد سمى صماما لأنه لا يسمح للتيار بالمرور إلا فى اتجاه واحد

وبتلخيص سلسلة الأسباب والنتائج التى مر بنا ذكرها ، نقول إن مرسل التلفون يغير التيارات فى محطة الإرسال ، وبذلك تتغير الموجات الأثيرية المنبعثة منها . وهذه

الموجات الأثيرية المنبعثة تحدث عند وصولها إلى محطة الاستقبال تيارات فى الهوائى تشبه التيارات الأصلية التى أحدثتها ، وهذه بدورها تنظم سريان التيار فى المستقبل التلفونى فتحدث نفس الأصوات .

* * *

لم تقتصر فوائد اللاسلكى على نقل الإشارات التلغرافية وسماع المحادثات الكلامية ، بل إنها تعدت ذلك إلى إذاعة الأخبار والخطب والمحاضرات والموسيقى ، وانتقلت بعد ذلك إلى نقل الصور الفوتوغرافية والإمضاءات والصفحات المكتوبة أو المطبوعة ، وإخال كل من يقرأ هذا يعرف ما وصل إليه الراديو من الانتشار ، ولا إخاله إلا قد سمع عن الرؤية عن بعد ، وشاهد السينما الناطقة . ومن يدرى فقد لا يمضى وقت طويل حتى نسمع عن غير ذلك من الأشياء العجيبة التى تحققت فى معامل البحث من أمثال دور السينما والتمثيل اللاسلكية ، والقوة اللاسلكية ، والنور اللاسلكى ، والتى لا بد منتشرة مع الزمن كما انتشر التلفون اللاسلكى ومحطات الإذاعة اللاسلكية . وقد يجيئنا العلماء العلميون والمخترعون بالعجب العاجب الذى تحار فيه العقول والأفهام ، وما هو بسحر ذلك الذى يجيئون به ، وإنما هو العلم النظرى التجريبى الذى بحثوا فيه عن الأسباب ، فلما تبينوها ظهرت هذه النتائج البارعة .

الفصل الثامن عشر

الأشــــعة الجديدة

(السينية والراديومية)

لم يقع لكثيرين مثل ما وقع للعلامة الأستاذ رونتجن الألمانى رئيس المعهد الفيزيقى سنة ١٨٩٥ ، إذ قيض الله له أن يكشف ذلك الكشف العلمى العجيب . ولئن ود أحد من الناس أن يتحدث عن أمر عجيب أو كشف علمى خطير من كشوف القرن التاسع عشر ، فما عليه إلا أن يتحدث عن أشـعة رونتجن التى اشتهرت بأشعة إ كس X ، أى الأشعة السينية ، وذلك لأن هذه الأشعة زادت من قوة الإبصار لدى الإنسان حيث مكنته من أن يخترق ببصره الحجب ، ويرى حتى أحشاءه التى ينطوى عليها جسمه ، وحتى عظامه رغم ما يكسوها من لحم وما يحيط بها من أوعية دموية ، وحتى الأجنة فى بطون الأمهات . والحق إن كشف هذه الأشعة يتضمن فصلا من أعجب الفصول فى تاريخ العلوم .



(شكل ١٠٢) ولهلم كونارد رونتجن

حقيقة إن استكشافها جاء عرضاً ، ولكن الحال هنا لا يمكن أن تقارن بحال عابر السبيل الذى يعثر مصادفة على كيس مملوء ذهباً ، بل هى

حال ذلك المنقب عن الذهب الذى يعثر عرضاً على قطعة من الذهب الخام . لقد كان رونتجن يجرى تجارب فى التفريغ الكهربائى خلال الأنابيب المفرغة التى هى عبارة عن أنابيب أو بصلات زجاجية فرغ هواؤها . والمصباح الكهربائى نوع من هذه الأنابيب ولكنه لا يصلح لتجارب رونتجن هذه إلا إذا أزيل منه الشريط و بقى سلكا البلاتين كما هما . فإذا ما أطلق التيار فى أنبوبة من هذه الأنابيب لقى بعض العناء فى مروره من أحد سلكى البلاتين إلى الآخر ، وهو لا يستطيع فى الواقع أن يمر ما لم يكن بالأنبوبة أثر طفيف من الهواء . وحتى مع هذا فإنه يحتاج إلى ضغط كهربائى أكبر من المعتاد فى إضاءة الشريط لإجراء التجربة . وجرت العادة أن يوضع سلكا البلاتين فى الأنبوبة متقابلين كل فى طرف من طرفيها لا متجاورين ، وعدا هذا فإن السلكين غير مدببين بل ينتهيان عادة بقرصين صغيرين .

فحينما ينطلق تيار فى زجاجة من هذا النوع فإن قليل الغاز الموجود فيها يضىء ضوءاً غريباً تبدو فيه عادة ألوان جميلة مرتبة على هيئة طباق . وتكون هذه الطباق

(شكل ١٠٣) أنبوبة أشعة رونتجن

مجاورة للسلك الموجب الذى يسمونه « الأنود » ، أى « المصعد » . أما عند السلك السالب وهو الذى يسمى «الكاثود» أى « المهبط » ، فإنه توجد طبقة من ضوء أبيض أو بنفسجى تليها منطقة مظلمة تفصل ما بينها و بين المنطقة الأخرى المضيئة . وكلما كان تفريغ الأنبوبة شديداً امتدت هذه المنطقة المظلمة حتى تملأ الأنبوبة كلها .

مولد الأشعة الرونتجنية

وعندئذ يحدث شىء عجيب . يسطع لون أخضر على جزء الأنبوبة المقابل للمهبط ،

وفي هـذا اللون الأخضر تتولد الأشعة السينية . ويجدر بنا قبل شرح كيفية نشوء هذه الأشعة أن نذكر باختصار ما يحـدث في الأنبوبة المفرغة ، ويكون سبباً في ابتعاث هذا اللون الأخضر.

لو أننا فرضنا أن لدينا مجهراً (ميكروسكوب) تفوق قوة تكبيره قوة أكبر المجاهر الحالية ملايين المرات ، ثم سلطناه على الأنبوبة وأطلقنا أبصارنا خلاله لرأينا عجبا . رأينا مظهر نشاط غريب جداً — مظهر أسراب عظيمة من جسيمات صغيرة تنساب من المهبط بسرعة عظيمة جداً متدافعة في خطوط مستقيمة حتى تصدم الجدار الزجاجي المقابل فيظهر فيه ذلك البريق الأخضر . فهذه الجسيمات الصغيرة جداً هي في الوقع ذرات الـكهربائية ومنها يتألف التيار الـكهربائي .

نعم يتألف التيار من سيل من هذه الجسيمات المتناهية في الصغر ، والتي يسمى الجسيم الواحد منهـا « إلـكترون » . وهي أصغر كثيراً من ذرات المـادة ، وتشق لنفسها ببطء طريقا بين ذرات السلك ، وتصدمها باستمرار محدثة فيها مقداراً عظيما من الحرارة . ويمر عدد واحد من الإلـكترونات في كل جزء من أجزاء الدائرة في وقت واحد . وحينما يكون في الدائرة الـكهربائية سلك رفيع جداً فإن الإلـكترونات بطبيعة الحال تسرع في مرورها منه لـكي تخلي بسرعة أيضا الطريق لمـا يأتي بعدها من الإلـكترونات . وعلى ذلك ترتفع حرارة السلك كثيرا ، فإذا ما كان السلك شريطا جعلته هذه الحرارة يتوهج مشعاً ضوءاً كما يحدث في المصباح الـكهربائي .

وعند ما تصل الإلـكترونات إلى نهاية السلك المهبطي تضطر مرغمة إلى عبور الفضاء أو الفجوة التي بين السلـكين ، بعضها عن طريق الإلـكترونات الخلفية ، وبعضها عن طريق جذب المصعد لها جذبا شديداً . ولـكن ذرات السلك نفسها تجذب الإلـكترونات وتمسك بها . ولذا تلاقي الإلـكترونات باستمرار كثيرا من العناء قبل أن تتمـكن من ترك السلك . فإذا ما تخلصت من المهبط اندفعت إلى الأمام بسبب التنافر الحادث من الخلف والتجاذب الحادث من الأمام ، وتـكون أشبه شيء بالحجارة الساقطة من علو كبير فإن اندفاعها يتزايد كلما أمعنت في الهبوط .

والقوة التى تؤثر فى الإلـكترونات أكبر بكثير من قوة الجاذبية ، فهى أكبر منها بما يزيد عن مليون مرة . والإلـكترونات من جهة أخرى صغيرة جدا ، فهى لذلك لا تحدث تلفاً مهما زادت سرعتها ، ولـكن سرعتها كبيرة جدا تبلغ حوالى خمسين ألف ميل فى الثانية ، فلا عجب إذن إذا هى أحدثت آثارا عجيبة إذا اعترضها الزجاج فأوقفها . وهذه الآثار تتزايد بكثرة إذا هى تركزت فوق لوح من البلاتين يوضع فى مواجهة المهبط . فهذا اللوح ترتفع حرارته إلى درجة الأبيضاض ، وتنبعث بأشـعة رونتجن الشهيرة التى سماها رونتجن نفسه أشعة إكس X أى أشعة س المجهولة ، لـكى يكون اسمها دليلا على غموض حقيقتها .

قصة كشفها

وإليك قصة كشف هذه الأشعة . حدث أن رونتجن كان يجرى يوماً ما تجاربه على أنبوبة مفرغة محاولا أن يخرج الإلـكترونات من الأنبوبة إلى الهواء الطلق ، وكان قد أجرى هذه التجربة غير مرة مستخدماً فتحة صغيرة هى عبارة عن صفيحة رقيقة من الألومنيوم تستطيع الإلـكترونات اختراقها . وكان يبحث فى تأثير الإلـكترونات فى لوح من مادة قابلة للوميض ، وكان يريد أن يعرف ما إذا كانت الإلـكترونات تظل تنبثق من الأنبوبة المفرغة إذا لُفت كلها بورق سميك أسود لا ينفذ الضوء العادى أم لا تنبثق . وكان يريد عدا ذلك أن يلاحظ هـذا وهو وجهازه فى ظلام دامس . واشد ما كانت دهشته حين وجد هـذا الحائل القابل للوميض يتألق ، وأن بعض ذلك الابتعاث المؤثر الخارج من الأنبوبة المفرغة قد وصل إلى الحائل خـلال ذلك الورق السميك الأسود .

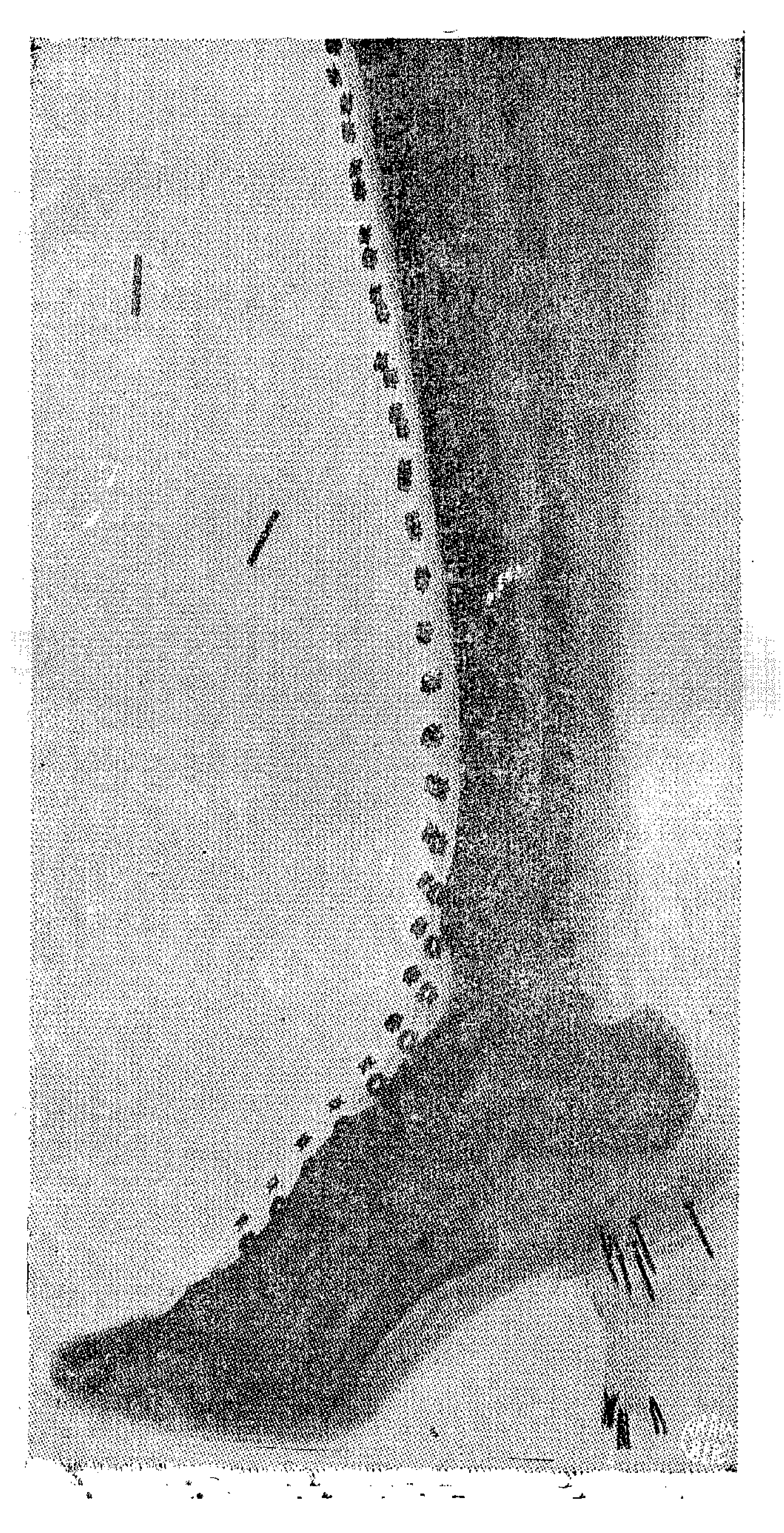
وإذ حدث له ذلك رأى أن يدخل فى تجاربه بعض التعديل ، فجاء بلوح من الخشب ووضعه بين الأنبوبة والحائل ، ولـكنه وجد أن اللوح لم يحدث أى تغيير ، وما دامت الأشعة تضىء الحائل فهى لابد قد اخترقت لوح الخشب . فرفع اللوح واستعاض عنه بكتاب ضخم ، ولـكن ذلك أيضاً لم يؤثر البتة فى الأشعة . فاتجه ظنه إلى أن الأشعة ربما تكون قد وصلت إلى الحائل بطريقة ملتوية غير مفهومة ولا واضحة ، ورأى أن يرفع يده

بين الأنبوبة والحائل . وليتصور القارىء هنا دهشة الرجل حينما رأى على الحائل القابل للوميض صورة تبين عظامها وهيئة تركيبها لا مجرد ظل لها . لقد راعه ما رأى فأضاء الحجرة ليطمئن على يده ، ولكي يرى ما إذا كان لحمها قد تناثر فلم يبق إلا عظمها أم لم يصبها شيء . ولكنه لم يجد شيئاً أصابها ، فاطمأن وأعادها إلى الوضع الذى تعترض فيه سبيل هذه الأشعة الغريبة ، فظهرت له صورة العظام مرة أخرى واضحة جلية ، ولم يبد اللحم فى الصورة إلا أثراً ضعيفا . وكان ذلك كشفا عظيما .

وطارت أنباء ذلك الكشف حتى عمت أنحاء المعمورة ، وأجريت التجربة ألوف المرات ، وتحقق الناس أن حدثاً جديداً قد استكشف فزادت به معلومات الإنسان . فبه استطاعوا أن يعينوا مواضع الأجسام التى تثوى فى جسم الإنسان كالإبر والرصاص ، بل استطاعوا أن يصوروا بالفوتوغرافيا هذه الأجسام لما استبدلوا الحائل بلوح فوتوغرافى . ولم يتوان الجراحون فى استعمال هذا الكشف العظيم فى المستشفيات ، وأصبحنا نرى فى كل مستشفى كبير رجالا مهمتهم استعمال أشعة رونتجن ليستعين الأطباء بها فى تشخيص الداء ووصف الدواء .

على أن الخير الذى ينجم عن استكشاف جديد قد يصحبه شر ربما يكون له أسوأ الآثار . وقد كان الحال كذلك مع أشعة رونتجن . فقد وجد المشتغلون بهذه الأشعة أنها لسوء الحظ تؤثر فى جلدهم الذى يتعرض لها كثيراً إذ تجففه وتيبسه وتسخنه ، ووجدوا كذلك أن شعرهم يتساقط وأظافرهم تتناثر . والأنكى من ذلك أنها جعلت تظهر فيهم الفينة بعد الفينة قروح تكاد لا تبرأ . وقد كان الموت في بعض الأحيان يتخطف أولئك الذين يتعرضون طويلا لأشعة رونتجن . ولكن العلم كما هى عادته قد نجح فى تجنب هذا الشر والاستفادة بالخير فقط ، فقد اهتدى المشتغلون بهذه الأشعة إلى استعمال حوائل من الرصاص لا تنفذ هذه الأشعة . وبذلك انتظم استعمالها فى الجراحة والطب ، وجاءت بأطيب الثمرات .

ولم يقتصر استعمالها على الطب وحده بل تدخلت فى الأعمال الهندسية والصناعية ، فقد وجدوا أن أشد أنواع هذه الأشعة نفاذا يستطيع أن ينفذ من الصلب الذى يبلغ



(شكل ١٠٤) صورة فوتوغرافية لقدم حسناء تسلطت عليها
الأشعة الرونتجنية وهى فى الجورب والحذاء

سمكه ثلاث بوصات أو أربعاً . فإذا وجدت فى الصلب فجوات أو عيوب أخرى ظهرت فى الصور الفوتوغرافية المأخودة بأشعة رونتجن ، وبهذه الطريقة تمكن المهندس من اختبار المواد دون قطعها كما يختبر الجراح العظام دون أن يزيل اللحم من فوقها .

ومن أهم تطبيقات هذه الأشعة استخدامها فى كشف بناء البلورات ومكوناتها من الجزيئات. وقد أدت هذه التطبيقات إلى ظهور علم جديد هو «علم تكوين البلورات» عن طريق درس انعكاس هذه الأشعة من سطوح البلورات . واستطاع الفيزيقيون الآن أن يحدثونا عن كيفية وضع ذرات الكلورو والصوديوم فى بلورة من بلورات ملح الطعام وهو الذى يسميه الكيماويون كلورور الصوديوم . وعلى ذلك تكون هذه الأشعة قد كشفت اللثام عن تلك اللبنات التى منها يتألف صرح البلورة العجيب .

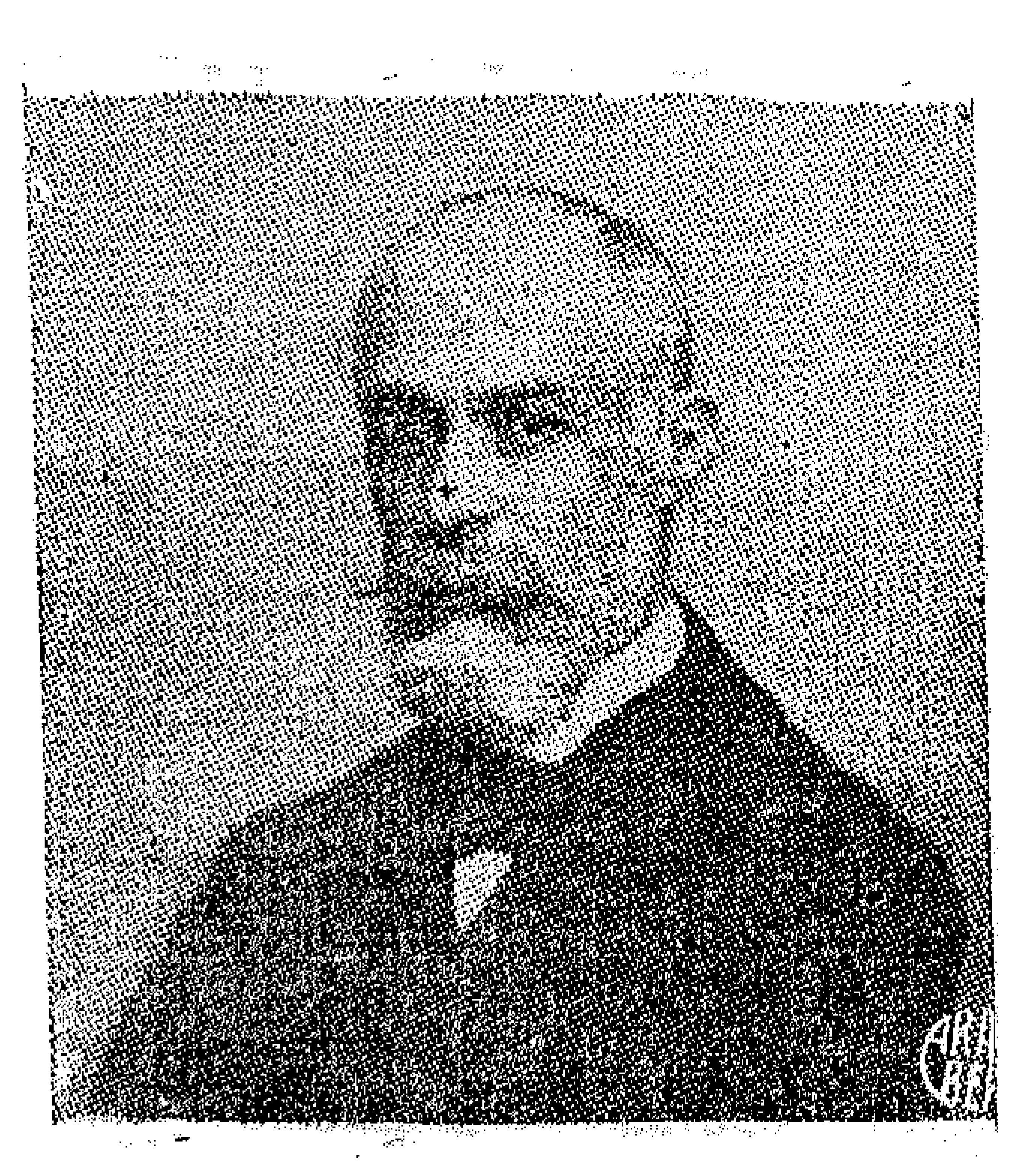
(شكل ١٠٥) جهاز التصوير بالأشعة الرونتجنية يلتقط صورة صغير

كشف الراديوم

لم تكن أشعة رونتجن الأشعة الوحيدة الجديدة التى استكشفت فى نهاية القرن التاسع عشر ، بل هناك أنواع أخرى جديدة ظهرت ، وكل منها أدخل فى باب العجب من أشعة رونتجن نفسها . ومن عجب أن الفضل فى كشفها يرجع إلى أشعة رونتجن هذه . فلقد مر

بنا ذكر التالق الأخضر على الزجاج ، وأيضاً ذلك الضوء الأبيض على الحائل البلاتينى الذى يقتنص الإلكترونات . وقد خطر لبعض العلماء أن يختبر هل كان حدوث هذا التلون أو الوميض مصحوبا بحدوث أشعة رونتجن أو أشعة تشبهها ، لها مثل صفاتها وخواصها أم لا . وإذا كانت أشعة رونتجن تحدث ومضانا فى بعض المواد فهل المواد الومضة تحدث أشعة رونتجن ؟

وبدأ العالم الفرنسى هنرى بكرل تجاربه فى هذا الصدد . وكان أبوه إدمون بكرل قد طارت له شهرة عن طريق بحثه فى الومضان ، فكان من الطبيعى جداً أن يتابع ابنه بحث تلك المواد الومضة ليرى هل لومضانها علاقة بأشعة رونتجن أم لا علاقة له بها . ومن غريب الصدف أنه اختار من بين هذه المواد المادة التى أدت به مباشرة إلى كشفه الجديد . وتلك كانت مادة الأورانيوم . فعرض بعض البلورات المشتملة على الأورانيوم إلى ضوء الشمس حتى تألقت بضوء أزرق خفيف . وبعدئذ وضع هذه البلورات فى صندوق سميك مظلم كانت به بعض اللوحات الفوتوغرافية ، وتركها كذلك بضع ساعات . ولما عاد إليها بعد ذلك وجد أن البلورات قد سودت اللوحة الفوتوغرافية فظن أن ذلك إما أن يكون من أثر الضوء الأزرق أو من أثر أشعة رونتجنية انبعثت من البلورات . فاعتزم أن يعيد التجربة ثانيا ، ولكنه انتظر عبثا ظهور الشمس يوما بعد يوم.



(شكل ١٠٦) هنرى بكرل

وقد كان احتجاب الشمس وراء السحب فرصة سعيدة أخرى سنحت ، لأن البلورات كانت طوال هذا الوقت موضوعة فى درج به لوحة فوتوغرافية تصلح لكى تعرض بدورها هى أيضا للشمس . ولما ضاق ذرعا بهذا الانتظار رأى أن يؤجل التجربة حتى يحين الوقت المناسب ، وأن يستخرج اللوحة الفوتوغرافية ليتم عمله فيها . وما كان أشد دهشته حين

وجد أن البلورات قد رسمت لنفسها صورة على اللوحة على الرغم من أنها كانت ملفوفة بورق سميك أسود ، وعلى الرغم من أن البلورات نفسها لم تكن تعرضت لضوء الشمس . فخطر له أن البلورات ربما تكون قد تعرضت لضوء الشمس زمنا طويلا ، وأنها إنما تتخلى بالتدريج عن الضوء الذى سبق لها أن امتصته . فحجبها شهورا وهى فى ظلام دامس ، ثم عرض لفعلها مرة أخرى لوحة فوتوغرافية . ولكنه وجد أن النتيجة هى هى على عكس ما كان يتوقعه . ومن ثم اتضح له أن فعل الأورانيوم غير متعلق بتاتا بالضوء وأنه مستمر دون توقف .

وبقى بعد ذلك ما هو أعجب وأغرب . ذلك أن هذه القوة الكامنة فى الأورانيوم والتى تكشفت عن نوع جديد من الأشعة التى أثرت فى اللوحة الفوتوغرافية قد ظهر أنها لا تنعدم ، سيان فى ذلك سخن الأورانيوم فى بودقة ، أو دق حتى صار مسحوقا ناعما ، أو خلط بمواد أخرى ، أو صهر ، أو غلى ، أو أضيف إليه حامض من الأحماض . فقد ظل التأثير واحدا كما هو دون تغيير ما دامت كمية الأورانيوم لم يعتورها نقص ولا تغيير .


(شكل ١٠٧) مدام كورى

وبدا له أن هذه القوة الجديدة الغريبة كامنة فى ذرات الأورانيوم نفسها .

وقد كانت هذه القوة جديدة ومن ثم كان لا بد لها من اسم جديد . فأطلقت عليها مدام كورى هذا الاسم « النشاط الإشعاعى » وقد اشتهرت هذه السيدة ببحثها فى الكشف عن العناصر التى لها مثل خواص الأورانيوم . وهذه السيدة بولونية الجنس . درست فى باريس واشتركت مع زوجها

كورى أستاذ الفيزيقا فى السوربون فى إجراء بحوثها الأولى فى هـذا الموضوع ، فكان أول عنصر وجد له مثل خواص الأورانيوم هو عنصر الثوريوم . ولكنها شاهدت أن بعض المعادن التى تحتوى على عنصر الأورانيوم أو مركباته شديدة الابتعاث لمثل هـذه الأشعة المنبعثة من الأورانيوم ، وشاهدت فوق ذلك أن تأثير هذه المعادن أشد كثيراً مما ينتظر أن يكون إذا اعتبر التأثير مقصورا على ما تحتوى عليه من عنصر الأورانيوم ، فكان ذلك منبئا بأن هذه المعادن تحتوى على عنصر آخر غير معروف أشد فعلا وأكثر تأثيرا من الأورانيوم نفسه . وابتدأت عنـد ذلك فى سلسلة بحوث شاقة لاستئصال هذا العنصر وتجريده . وقد أمدتها حكومة النمسا فى ذلك العهد بطن من المعادن المستخرجة من مناجم بوهيميا لاستعماله فى تلك التجارب ، وجاءت نتائج بحوثها على ماتأمل . فاستخلصت سنة ١٨٩٨ عنصرين مختلفين لم يكونا معروفين من قبل أشد فعلا من الأورانيوم . وسمى الأول « البولونيوم » نسبة إلى بولونيا وطنها ومسقط رأسها ، وسمى الأخير « الراديوم » وكان أشد فعلا من الأول ، ويبلغ فعله مليونى مرة فعل مقدار من الأورانيوم يساويه وزنا . وقد ثبت أن الراديوم هذا خطر كأشعة رونتجن لأن مدام كورى احتفظت بقليل منه فى كمها ، فأصابتها بسببه قرحة لم تبرأ منها إلا بعد عدة أشهر . وقد عينت مدام كورى بعد وفاة زوجها فى حادث تصادم سيارة أستاذة لعلم الكيمياء فى جامعة باريس ، فكانت بذلك أول امرأة تعين فى مثل هذا المنصب فى بلد كباريس له مكانته العلمية . وتوفيت فى صيف سنة ١٩٣٤ وهى منكبة على بحوثها فى الراديوم .

أنواع الأشعة الراديومية

وقد أدى البحث فى الأشعة المنبعثة من الراديوم إلى استكشاف ثلاثة أنواع مختلفة تنبعث منه ، وقد سميت بأسماء الحروف الثلاثة الأولى الإغريقية ألفا وبيتا وجاما ، أى لف وباء وجيم . وكل من هـذه الأشعة تختلف عن زميلتيها اختلافاً بيناً . فأما الأشعة الجيمية فتشبه أشعة رونتجن وتزيد عنها فى القدرة على النفاذ ، حيث اخترقت حائلا من الجرانيت سمكه ست بوصات .

وأما الأشعة البائية فأقل نفاذاً من الأشعة الجيمية ، وقد أمكنها أن تخترق صفيحة رقيقة من الألومنيوم ، ولكنها عجزت عن اختراق صفائح أثخن من هذه تغلبت عليها الأشعة الجيمية . وقد وجد من البحث أن الأشعة البائية كالأشعة المهبطية مكونة من جسيمات مشحونة بالكهربائية السالبة أى أنها مكونة من إلكترونات .

وأما الأشعة الألفية فقدرتها على النفاذ ضئيلة جداً ، فهى تكاد لا تنفذ خلال الورق المعتاد أو خلال بضعة سنتيمترات من الهواء . وقد ظهر حديثاً أن هذه الأشعة فى الواقع ما هى إلا ذرات مادية فقدت بعض إلكتروناتها ، وهذه الذرات المادية هى ذرات غاز الهليوم وهو ذلك الغاز النادر الخفيف الذى استكشف فى الشمس قبل أن يستكشف فى الأرض بعشرين سنة . وليس هذا مكان شرح وسائل كشفه فى الشمس . وتنبعث من الراديوم هذه الذرات غير التامة بسرعة تبلغ عشرة آلاف ميل فى الثانية .

وقد ثبت للعلماء أن الراديوم متى فقد إشعاعه كله استحال رصاصاً ، فهو ابن الأورانيوم إذن وأب للرصاص . أفلا ينزعج الكيماوى لاضطراره إزاء ذلك أن يدخل الأنساب فى علم الكيمياء وأن يحسب أعمار العناصر ؟ على أننا لو استطعنا أن نرغم هذه الجسيمات الكهربائية التى تدور بسرعة عظيمة جداً داخل الذرات على أن تؤدى لنا عملا لاستغنينا عن الآلات البخارية والمحركات البترولية . ولكننا لا نرى فى الوقت الحاضر وسيلة لاستخلاص هذه القوة واستخدامها فى شؤوننا . ولعل تقدم الكشوف العلمية يكفل تحقيق ذلك فى المستقبل ، فيقوم بعد مائة سنه مثلا من يصف ذلك بأنه أكبر كشف وأعظم اختراع وصل إليه الباحثون .

الفصل التاسع عشر

السفن الهوائية وآلات الطيران

حينما نقرأ أخبار الاختراعات العظيمة التي تمت أو نسمع بها نرانا نميل إلى الظن بأنها لابد كانت مخترعة يوماً ما حتى لو لم يكن مخترعوها أنفسهم قد خلقوا . ولكننا لا نعدو الحق إذ نقول إن كثيراً من الصعاب تعترض سبيل كل مخترع ، ولا يمكنه أن يتخطاها إلا بصبره وثباته وقوة عزيمته . وحدث كثيراً أن تكون المسألة التي يواجهها المخترع قد عرض إليها قبله زملاء أخفقوا في الوصول إلى حلها ، وكان يمكن أن يؤدي هذا الاخفاق إلى الاعتقاد بأن النجاح مستحيل . ومع ذلك فقد يشغل البعض بمحاولة إثبات هذه الاستحالة ثم يجهرون بأنها مسألة ميئوس منها . وليس أخطر على الاختراع والمخترعين من هذه الاتجاه ، فأقل ما فيه أنه يزعج المخترعين والمستكشفين ويقلق بالهم . وقد يرزقون بنفر من صحبهم لا يفتأون يذكرون لهم أنهم إنما يضيعون وقتهم عبثاً في محاولة حل مسألة مستعصية لا يمكن حلها .

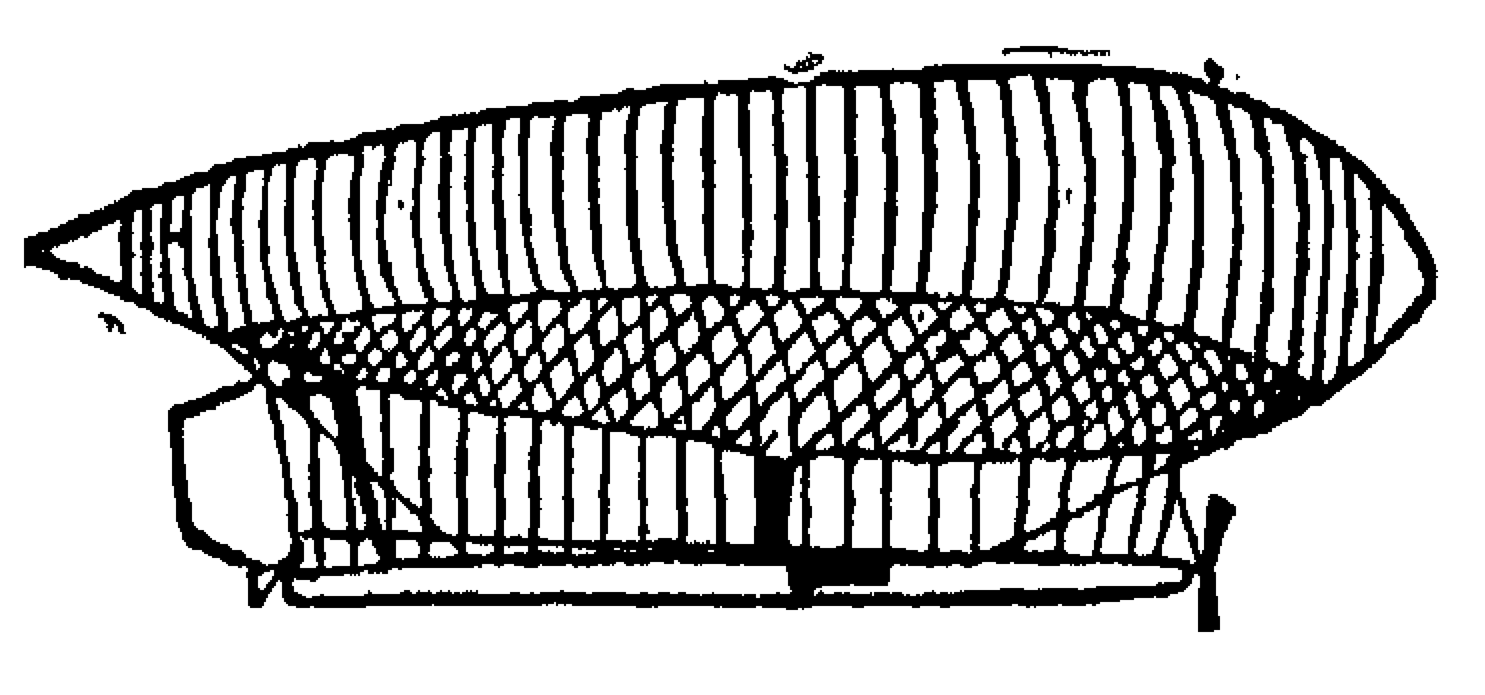
ومن المسائل التي اعتور حلها الإحجام تارة والإقدام أخرى مسألة الطيران . ولقد وصلت الطيور إلى حلها منذ القدم . وساد الاعتقاد إلى زمن غير بعيد بأنه لا يمكن أن تنشأ آلة طيران أي آلة تستطيع أن تحمل نفسها وتحلق في الهواء . وقديماً فكر العربي الأندلسي عباس بن فرناس في أن يجهز نفسه بأجنحة تشبه أجنحة الطير ، ولكنه لم يصل إلى بغيته كلها . وقد حلت قبيل الحرب العظمى مشكلة الطيران ، وقد لا يمضي زمن طويل حتى نرى الطائرات الميكانيكية يعم استعمالها في الانتقال فتحل محل الدواب والعربة والسيارة والقطار والسفينة الشراعية والباخرة . ونحن نرى اليوم بوادر ذلك في الطائرات البريدية والتجارية والحربية .

ولا مراء في أن حل مسألة الطيران قد أثر في تقدم المدنيـة الحديثة تأثيراً محسوساً .

وما أسعدنا إذ نعيش اليوم فى زمن ظهر فيه اختراع أهم من القاطرة والباخرة فى سرعة لم الشمل وتقريب البعيد ، بل ما أسعدنا إذ استطعنا أن نرقب يوماً بعد يوم صعاب الطيران وقد صرعها العلم واحدة بعد أخرى ، وإذ صرنا نتتبع بالإعجاب أنباء انتصارات العلم وبطولة المخترعين . وكل ما يرتجى الآن أن تتغلب ميول الخير فى الإنسان على ميول الشر فيستخدم هذه الكشوف وتلك الاختراعات فى خير الإنسانية لا غير .

المنطاد

وقد كان المنطاد أول آلة تمكن بها الإنسان من الصعود كالعصفور فى الهواء ، ولا يعرف أحد بالضبط متى حلق أول منطاد فى الهواء . ولكن يروى أن منطاداً طار فى بكين عاصمة الصين سنة ١٣٠٦ فى يوم تتويج أمبراطورها . ويروى أيضاً أن قسيساً برتغالياً من بلدة لسبون امتطى منطاداً مملوءاً بالهواء الساخن وحلق به فى الهواء . أما أول حادث موثوق منه فى هذا الصدد فيرجع إلى سنة ١٧٨٣ .



(شكل ١٠٨) منطاد قديم

وحدث قبل ذلك بمدة سنين أن وجد العالم الانجليزى كافندش أن غاز الإيدروجين أخف من الهواء أربع عشرة مرة ، وهو لذلك يرتفع صعدا فى الهواء . وقد حقق ذلك بأن ملأ فقاعة صابون بالإيدروجين بدلا من الهواء ، فارتفعت بسرعة حتى أدركت سقف الحجرة ، وهناك انفجرت . فلفتت هذه التجربة الأنظار إلى إمكان رفع الأشياء فى الهواء عن طريق الغازات الأخف منه . وكان من بين الذين لفتت نظرهم هذه التجربة أخوان شقيقان فى فرنسا يقال لهما منجلفييه ، وكانا يملكان مصنع ورق ، ففى ذات يوم صنعا كيسا كبيرا من الورق ، ثم نكساه فوق نار يتصاعد منها دخان ظنا منهما أن هذا الدخان المتصاعد يرفع الكيس المتصاعد فى الهواء . ولكن الورق كان ثقيلا فلم يرتفع ذلك المنطاد .

وقد يدخل مثل هذا الإخفاق اليأس فى قلوب معظم الناس ، ولكن الأخوين

منجلفييه تبينا سبب الإخفاق ، ومضيا يصلحان الخطأ ، وابتنيا منطادا آخر ينفتح إلى أسفل ، وفى هذه المرة استخدما الحرير بدل الورق . ثم ملآه بالدخان المتصاعد من إحراق القش والصوف ظنا منهما أن هذا الدخان تطرده الأرض عنها فيرتفع منطادهما فى الجو . ولقد تبينا فى النهاية أن الهواء الساخن هو الذى يرفع المنطاد فى الواقع لأنه أخف من الهواء البارد ، خاضعاً فى ذلك لقاعدة أرشميدس الشهيرة التى تكلمنا عنها فى الفصل الأول ، ومؤداها أن الجسم يفقد من وزنه بمقدار وزن المائع الذى يزيغه عند ما ينغمر فيه . ولا ننسى أن الغازات ومن بينها الهواء أجسام مائعة كالسوائل .

وارتفع فعلا المنطاد الحريرى الذى صنعه الأخوان منجلفييه وملآه بالهواء الساخن . ولكنه هبط لما برد هواؤه . فصنعا منطادا جديدا يبلغ ارتفاعه أربعين قدما وجعلا غلافه من قماش اللف المغطى بالورق ، وجعلا فتحته من أسفل . وعلقا تحت هذه الفتحة إناء من الحديد ملئ قشاً وصوفاً منديين لكى تكون نارها ضعيفة تساعد على الاحتفاظ بحرارة هواء المنطاد ثم خليا سبيله فصعد فى الهواء فى شهر يونيه سنة ١٧٨٣ ، وسبح فيه حتى غاب عن الأبصار يحمل معه رسالة الإنسان إلى السحب التى أوشك أن يقتحمها فاتحاً غازياً .

ووصلت باريس أنباء هذا النجاح العظيم ، وقام كثيرون يقلدون هذا الاختراع الجديد ، ويدخلون عليه تحويراً وتحسيناً . وصنع الأستاذ شارل منطاداً آخر من الحرير ، وغطاه بطبقة من المطاط حتى لا يتسرب غازه إلى الجو . ثم ملأه بالايدروجين ، وأطلقه أمام جمع غفير من الناس فصعد فى الهواء وغاب عن الأنظار . وبعد ذلك ببضعة أيام عاد الأخوان منجلفييه إلى باريس ومعهما منطاد ضخم يبلغ ارتفاعه اثنين وسبعين قدما وقيداه بالحبال ، ووصلا به سلة كبيرة من الخوص وضعا فيها شاة وبطة وديكا . ثم أطلقاه بحضور الملك والملكة فسبح فى الجو . ولما هبط إلى الأرض فى إحدى بلاد الريف كان الديك فى حالة إغماء عزاها البعض إلى عظم الارتفاع ، وتفنن غيرهم فأكد أن الشاة دهسته ، وأصر آخرون على أن البطة لابد أن تكون عضته . ولكن الديك أفاق وبذلك يكون الركاب الثلاثة قد وصلوا إلى الأرض سالمين .

وبدأ الناس بعد ذلك يتطلعون لرؤية ابن آدم يصعد محلقا فى السماء . وما جاء نوفمبر من السنة عينها حتى امتطى فرنسيان منطادا ناريا (إن جازت هذه التسمية) وحلقا به فى سماء باريس فوق نهر السين ، وكان تحليقهما هذا فاتحة عصر جديد ، وإيذاناً بانتصار الإنسان على الهواء ، واقتراب اليوم الذى يسيطر فيه عليه .

« وظهر بعد ذلك الأستاذ شارل الفرنسى بمنطاده الإيدروجينى ، وكان قد هذبه فى الفترة التى انزوى ليعمل فيها . فلتوزيع الضغط عليه بانتظام غطاه بشبكة تتدلى أطرافها فتحمل طوقا من خشب شد إليه سبت أو سلة للركاب ، وركب فى قمة غلاف المنطاد صماما يحركه الراكب فى السبت بوساطة حبال ، فيسمح بذلك لبعض الغاز بالتسرب إلى الهواء فيثقل المنطاد أو بالأصح يقل رفع الهواء له . ووضع فيه بارومترا لقياس الارتفاع . وهكذا هذب شارل المنطاد حتى قربه من الشكل الذى هو عليه فى أيامنا ، وصعد بواحد من هذا النوع فى ديسمبر سنة ١٧٨٣ مع راكب آخر وظلا فى الهواء نحو أربع ساعات قطعا فيها نحو أربعين ميلا ، ثم أنزل الراكب واستأنف الصعود حتى وصل إلى علو أحس فيه بتأثير الارتفاع (برد وألم فى الآذان) ففتح الصمام الذى أشرنا إليه ونزل بعد أن قضى فى الهواء نحو نصف ساعة أخرى » .

ولما وصل المنطاد إلى هذا الحد من التقدم ، وعرف الإنسان كيف يحمله على الهبوط بفتح الصمام العلوى ، وكيف يحمله كذلك على الصعود بتخفيفه برمى بعض ما به من أثقال تحمل كصابورة ، لم يكن قد بلغ بعدُ كلَّ ما كان يرجى له من تقدم . وظل كذلك سنين كثيرة . وقد قال بنيامين فرنكلين لما رأى أول منطاد إنه يرى طفلا صغيراً يرجو أن يراه فى المستقبل ماردا كبيراً . ولكن المنطاد ظل بعد ذلك تسعين سنة لم يدخل على بنائه خلالها أى تحسين حاسم . على أن رواد الهواء الشجعان عبروا بحر المانش من دوفر إلى كاليه ، وسافروا من لندن إلى ألمانيا ، وتم ذلك سنة ١٨٣٦ للانجليزى جرين فى منطاد كبير مملوء بغاز الاستصباح ، ووصل رواد الهواء إلى ارتفاعات عظيمة فيه . ففى سنة ١٨٦٢ صعد انجليزيان هما جليشر وكوكسويل إلى ارتفاع قدره سبعة أميال ، وكان ذلك أقصى ارتفاع وصل إليه الإنسان إذ ذاك فى منطاد . وارتفع النبض عندهما

حتى بلغ ١١٠ بدلا من ٧٠ أو ٨٠ فاكد وجهاها ، وفقد جليشر إدراكه . ولم يستطع كوكسويل تحريك يديه من شدة البرد فى هذه الطبقة العليا من الهواء ، ولكنه ألهم أن يشد بأسنانه حبل الصمام فعاد هو وزميله سالمين إلى الأرض .

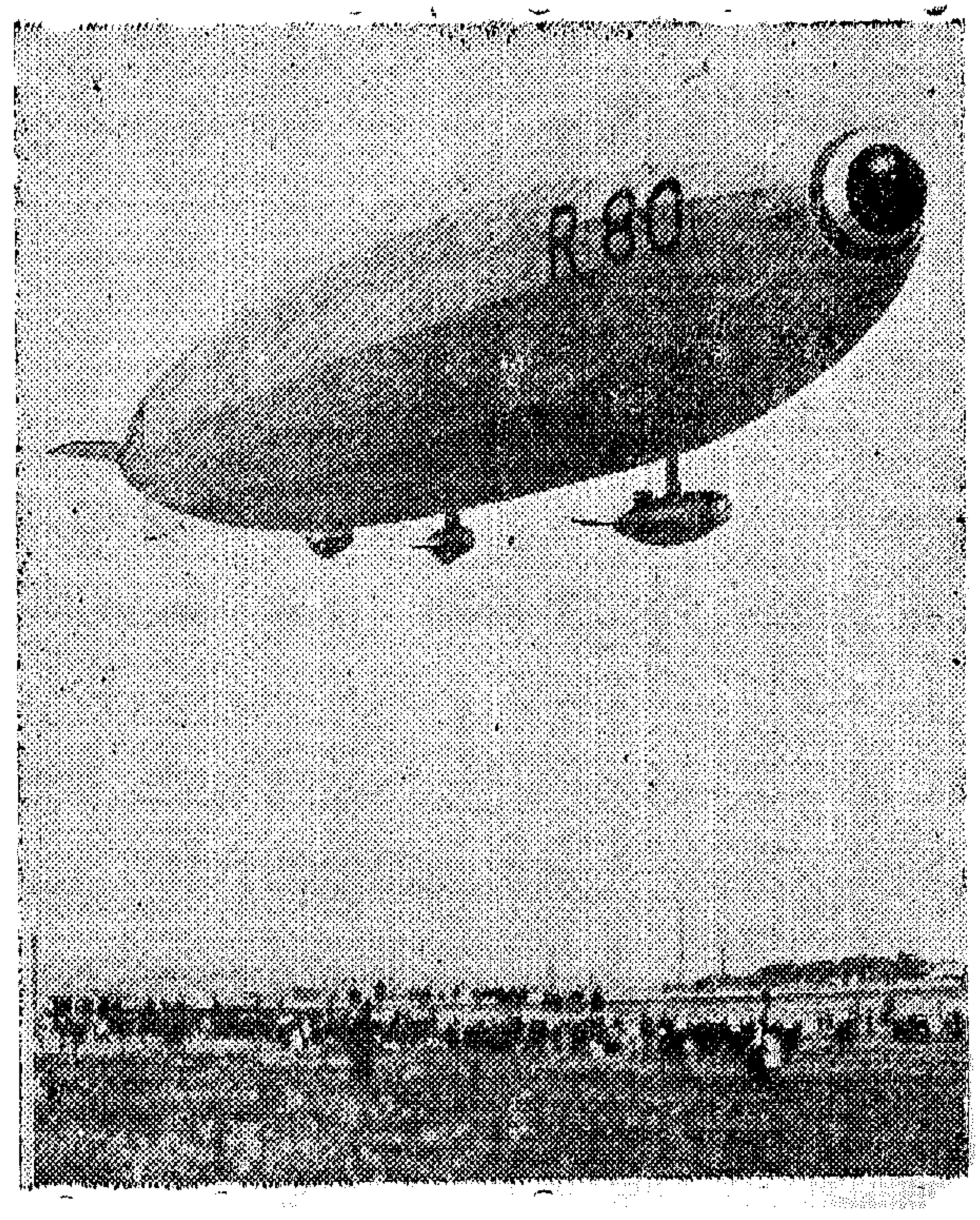
وفى خلال الحرب السبعينية التى شبت بين الألمانيين والفرنسيين أطلق البار يسيون فى الهواء عددا من هذه المناطيد لما حاصر الألمانيون باريس . وحملت هذه المناطيد إلى المقاطعات الفرنسية من الخطابات نحو مليونين ونصف مليون . ولكن سكان هذه المقاطعات لم يستطيعوا الرد عليها إذ كيف كانوا يضمنون وصول منطاد إلى باريس . فليس مدهشا إذن أن يسعى الفرنسيون لما انتهت هذه الحرب إلى إنشاء منطاد يمكن أن يقاد ويوجه إلى أية جهة تراد . وقد بنى أول منطاد من هذا الطراز سنة ١٨٧٢ ، وبنى الثانى بعد ذلك بإحدى عشرة سنة ، ولكن هذين المنطادين لم يكونا محكمى البناء فلم تستطع محركاتهما البخارية أن تصعد بهما فى الهواء .

المنطاد المسير

وظل الأمر كذلك حتى اخترعت السيارات فعرف المهندسون الميكانيكيون كيف يبنون المحركات القوية التى تصلح لتسيير المناطيد . وفى هذا يظهر كيف تعاون طائفة من المخترعين طائفة أخرى . والمنطاد الذى يمكن تسييره فى أى اتجاه يراد يسمى « سفينة هوائية » . وقد بنى فى السنين الأخيرة كثير من هذه السفن الهوائية . وتبدو الواحدة منها فى شكلها كالسيجارة . وقد ركبت فى بعضها سلات مصنوعة من قضبان خفيفة من الصلب أو الألومنيوم لركوب الركاب . وقد أمكن أن تقطع هذه السفن الهوائية فى رحلاتها الجوية ألوف الأميال .

ومن أشهر هذه السفن الهوائية تلك التى أنشأها سنة ١٩٠٧ الكونت زبلين الضابط الألمانى . فقد بلغ طولها أربعمائة وعشرين قدماً ، وبلغ ارتفاعها ثمانية وثلاثين . وكانت أسطوانية الشكل يغطيها حرير أو جلد من نوع خاص مشدود على هيكل مؤلف من قضبان من الألومنيوم . وقد قسمت هذه الأسطوانة ستة عشر قسما محكمة حتى إذا ما ثقبت

فى أية جهة منها هبط هذا المنطاد المسير ببطء إلى الأرض دون أن يصيبه أذى . وقد طار منطاد من هذا النوع فى أغسطس سنة ١٩٠٨ إلى سويسرا طيرة استغرقت إحدى عشرة ساعة . ولما قفل راجعاً إلى ألمانيا هبت عليه عاصفة فانفجر واحترق ، ولكن الآراء أجمعت إذ ذاك على أنه كان مشيداً على أساس سليم . ولذلك هب الألمانيون على الفور وشرعوا يبنون مجموعة مناطيد من هذا النوع ، فابتنوا نحو ثلاثين تاف أكثر من نصفها فلم يزدهم ذلك إلا خبرة وإيماناً بالمستقبل . وقد تجسم ذلك فى شخص الكونت زبلن الذى لم يجعل لليأس سبيلا إلى قلبه . ولم يفت عضده توالى الكوارث ، ولم يزده الفشل إلا رغبة فى التحسين حتى نجح النجاح الذى دفع بنى وطنه إلى أن يحترموه احتراماً قارب العبادة .



(شكل ١٠٩) منطاد حديث

واستعملت فى الحرب العظمى مناطيد زبلن هذه بكثرة فى أعمال الكشف فى البحار وفى إلقاء القنابل على البلاد المعادية . وقد عانت أنتورب فى بلجيكا وبخارست فى رومانيا من غارات هذه المناطيد ما عانت ، ولم تنج انجلترا من غاراتها فى الليالى غير المقمرة . ولئن كانت ألمانيا قد بزت غيرها فى بناء المناطيد المسيرة فإن دولا أخرى لم تكن قد تخلفت عنها كثيراً فى هذا المضمار . فقد أنشأت بريطانيا خلال

الحرب عدداً كبيراً من السفن الهوائيـة الصغيرة المسماة « الباحثات عن الغواصات » أو « الكشافات البحرية » وقد كانت هذه نافعة جداً فى كشف الغواصات ، وذلك لأن البحر إذا نظرت إليه من ارتفاع عظيم بدا لك أكثر شفافية مما لو نظرت إليه من ارتفاع صغير ، فضوء الجو المنعكس من الماء يكون أضعف ما يمكن إذا ارتد فى نفس الاتجاه الذى انبعث فيه ، أى حينما يكون اتجاه نظر الرائى عمودياً على السطح ، ومن ثم يمكنك من المنطاد أن ترى الأجسام السوداء التى تكون غاطسة فى الماء .

وابتنت بريطانيا العظمى منذ ذلك الوقت عدداً كبيراً من السفن الهوائية المسيرة . ومن هـذه المنطاد ر ٣٤ الذى حلق فى الجو ٥٦ ساعة فوق شواطئ بحر البلطيق قبل إمضاء معاهدة الصلح مع ألمانيا . وحدث بعد ذلك أن حلق فوق المحيط الأطلسى وأوغل فيه ، ثم عاد بمن عليه وكانوا ثلاثين راكباً . ويبلغ طول هذا المنطاد ٦٣٩ قدماً ، وسرعته ٥٥ عقدة فى الساعة ، وتسيره خمسة محركات قوة كل منها ٢٥٠ حصاناً ، وتدار هذه المحركات بالبترول الذى يحمل المنطاد منه خمسـة آلاف جالون تـكفى لقطع أربعة آلاف ميل . ويمكن لهذا المنطاد أن يحمل ثلاثين طناً عدا وزنه البالغ ثلاثين طناً أخرى . وهو يحتوى على مليونى قدم مكعب من غاز الايدروجين وبلغت نفقات بنائه ثلثمائة وخمسين ألفاً من الجنيهات .

آلات الطيران

وبينما كان المخترعون مشغولين بإنشاء المنـاطيد حلت مسألة الطيران بطريقة أخرى تخالف تلك على خط مستقيم . فلقد أبى كـثيرون إلا أن يقلدوا الطير إلى حـد ما فى الطيران . ولقد حاول البعض كما قلنا أن يصنعوا لأنفسهم أجنحة لـكى يطيروا بهـا ، ولـكنهم انتهوا إلى فشل ذريع وتعرضوا لخطر عظيم . فجسم الإنسان ثقيل بالنسبة لقوة عضلاته ، والطيور فى هـذا الصدد أقوى منا لأن عظامها ركبت على نمط أيسر من نمط تركيب عظامنا ، وغير محتمل بتاتاً أن نصل يوما إلى تغيير تركيب عظامنا بحيث تلائم أغراض الطيران ، بل لا نرى لزوماً لذلك . ولسباحة الجسم فى الهواء طرق خاصة . فبعض

الطير يسبح فى الهواء زمنا طويلا دون أن يحرك الأجنحة ، وبعضها يسبح بتحريك الأجنحة ، وكثيرون منا يعرفون كيف يجعلون إحدى ورق اللعب تسبح فى الهواء بإكسابها حركة دوران سريعة .

وكان الأستاذ لانجلى الأمريكى أول من أنشأ آلة صغيرة تستطيع أن تطير فى الهواء . فقد وجد أن السطح المنبسط كلما تحرك بسرعة فى الهواء فى اتجاه أفقى احتاج لقليل من القوة لكى يرتفع فى الهواء . وهذه القوة تختلف باختلاف سرعة السير ، ولابد من بلوغ هذه السرعة حدا أدنى قبل أن تصير القوة الرافعة مساوية لوزن الجسم الطائر . وقد أعد لانجلى نموذجا على هذا الأساس مكونا من جزءين أحدهما وراء الآخر ، ثم جاء به إلى شاطىء بحيرة . وكان طول هذا النموذج خمسة أمتار وعرضه حوالى أربعة ، وصنع له لانجلى آلة بخارية قوتها حوالى حصان ونصف حصان ، ووزنها يقرب من ربع وزن النموذج كله . ثم طير هذا النموذج فطار فعلا عدة أميال قبل أن يسقط فى الماء . وإذ توطدت قاعدة الطيران هذه بدأ المخترعون يطبقونها .


(شكل ١١٠) فكرة قديمة للطيران

وطار فتيان أمريكيان هما أورفيل وأخوه ولبر رايت على طائرة ذات محرك سنة ١٩٠٣ فى كيتى هوك . وكان ذلك بحضور خمسة رجال . فكانا أول من طار من بنى الإنسان فى الهواء بهذه الكيفية . وفى سنة ١٩٠٦ طار سانتو ديومو البرازيلى فى باريس لأول مرة فى حفلة رسمية . وكان قد حول وجهته إلى الطيارة بعد أن أخفق فى إنشاء المنطاد الحربى الذى طلبته الحكومة الفرنسية . ولكنه لم يطر إلا بضع مئات من الياردات فى طائرته الأثقل من الهواء .

وكان السائد فى ذلك الوقت أنه يستحيل تطيير آلة من تلك الآلات . ولكن هنرى

فارمان فى ديسمبر سنة ١٩٠٧ نجح بطائرته فى قطع دائرة كاملة فى الهواء يزيد طول محيطها عن نصف ميل دون أن يهبط إلى الأرض . وفي يولية سنة ١٩٠٨ ظل فارمان طائراً فى الهواء عشرين دقيقة قطع فى خلالها أحد عشر ميلا . وزادت سرعة السير حتى بلغت ستين ميلا فى الساعة . وفى أثناء ذلك ذهب ولبر رايت إلى فرنسا . فأحدث مجيئه إليها دهشة كبرى عند الذين كادوا ينسونه لاهتمامهم بما يحدث حولهم فى فرنسا . وصرف زمنا طويلا فى الاستعداد حتى كاد الشعب الفرنسى يتميز غيظا من طول الانتظار . وأخيرا طار ولبر مدة دقيقتين أول مرة ، ثم اتبعها بعد أيام بطيرة أخرى استغرقت أربع دقائق ، وجعلت مدة تحليقه تزداد ببطء حتى مضى شهر ، وإذا بأنباء البرق ترد من أمريكا معلنة أن أخاه أورفل طار ومكث فى الهواء أكثر من ساعة . وكأنما كان ولبر ينتظر هذا الخبر بفارغ الصبر لكى يكون لأمريكا فضل السبق فى هذا العمل على غيرها . وبعد قليل طار ولبر وظل طائرا أكثر من ساعتين قطع خلالها نحو ثمانين ميلا فسحر الناس وأدهشهم . وسمح للبعض بالركوب معه ، وكان من بينهم سير بادن باول الكشاف الأعظم المعروف .

وفى يوليو سنة ١٩٠٩ عبر مهندس فرنسى هو لويس بايريو بحر المانش من كاليه إلى دوفر فى ثلاث وثلاثين دقيقة بطيارة أنشأها هو نفسه ، وتوارى عن الأنظار خلال طيرانه نحوا من عشر دقائق .

وسارعت الحرب العظمى فى تقدم بناء آلات الطيران كما سارعت فى تقدم بناء السفن الهوائية ، وظهرت أنواع مختلفة للطائرات . فمنها ذات السطح الواحد والجناحين ، وذات السطحين التى لها زوجان من الأجنحة يعلو زوج منهما الزوج الآخر ، والطائرة البحرية ذات العوامات بدلا من العجلات ، والقارب الطائر . وتمت بهذه الطائرات أعمال عجيبة . فقد عبرت جبال البيرينيز

(شكل ١١١) أول طائرة من ذات السطحين وهى التى اخترعها رايت

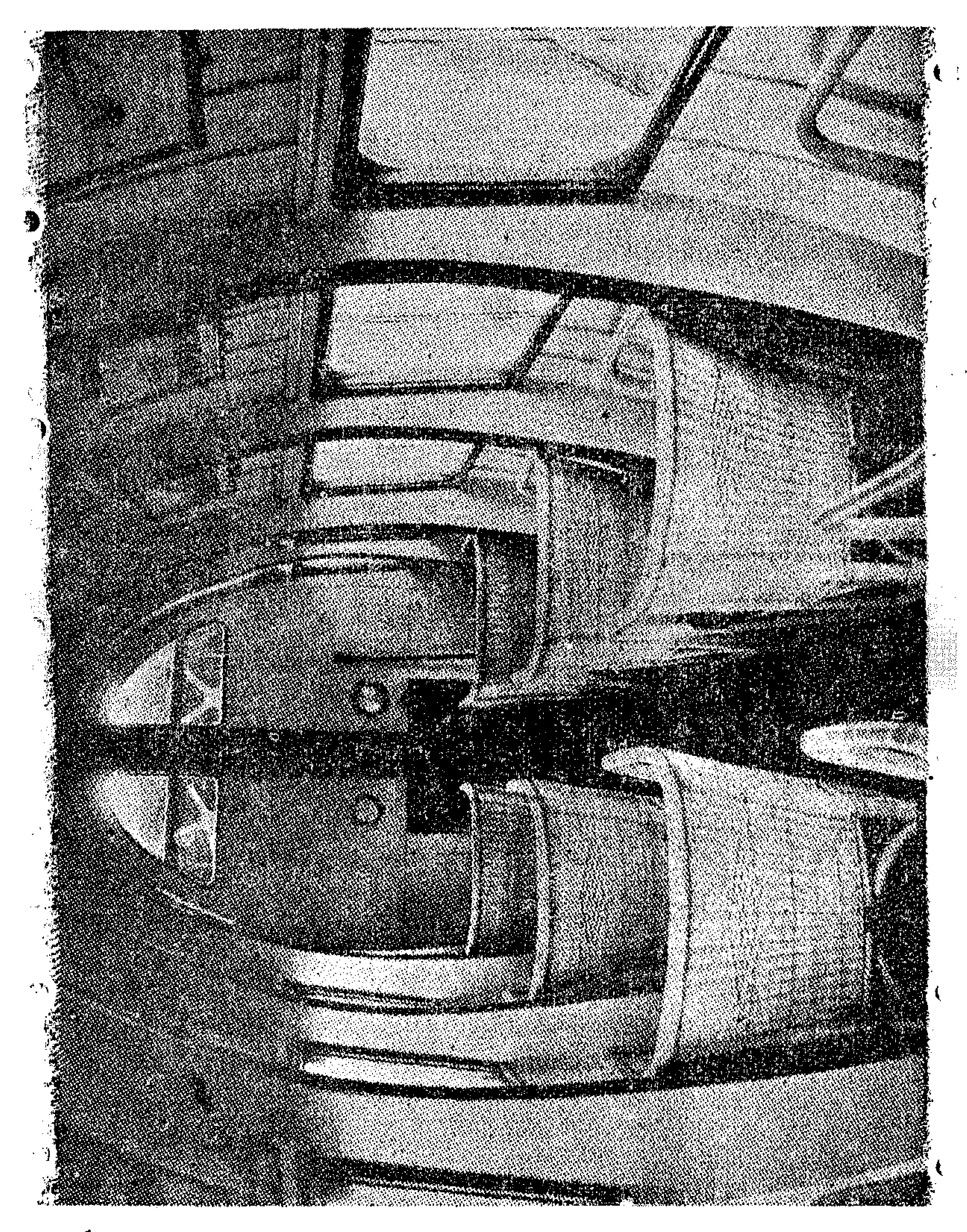
وجبال الألب دون أن تثور عليهم نسور هذه الجبال ، وبذلك تغلبت هذه الطائرات على ملوك الهواء . وعبرت بعد ذلك جبال الأندس وجبال هملايا موطن الثلوج . وعدا هذا فالطيارون أصبحوا يأتون بطياراتهم من الألعاب البهلوانية المدهشة ما يثير الإعجاب .

واستخدمت الطائرات فى أعمال الكشف فى الحرب العظمى ، وقد مكنتها أجهزتها اللاسلكية من إرسال الإشارات لرجال المدفعية لتسديد الرماية ، وقامت هذه الطائرات بالقاء القنابل . وحدثت فى مايو سنة ١٩١٧ أول غارة جوية من هذه الطائرات على لندن . وكانت أسوأ غارة تلك التى حدثت فى يونيه سنة ١٩١٧ حيث ألقى سرب من الطائرات الألمانية فى وضح النهار القنابل التى قتلت كثيرين . ولم تخل ليلة من ليالى شهر سبتمبر القمرية فى تلك السنة من إلقاء القنابل على إنجلترا . ولكن المدافع التى نصبت للإيقاع بالطيارات بمساعدة الأنوار الكشافة قد أوقفت هذه الغارات الجوية وجعلتها عديمة الجدوى . وحدثت آخر غارة جوية فى شهر مايو سنة ١٩١٨ عندما كان الألمانيون يبذلون قصارى وسعهم لإحراز نصر عاجل .

ولما انتهت الحرب العظمى تحولت الطائرات إلى مجالات أخرى سلمية ، فقد تم عبور المحيط الأطلسى بالطيارة حيث نجح الطيار الأمريكى ريد من فرقة سلاح الطيران الأمريكى فى الوصول من أمريكا إلى لسبون عاصمة البرتغال طائراً ، ثم إلى مدينة بليموث فى إنجلترا . وقام الإنجليزيان هوكر و جريف برحلتهما عبر المحيط الأطلسى فى مرحلة واحدة . ولكنهما بعد أن قطعا ١٣٠٠ ميل حدث خلل فى الآلة فهبطا إلى الماء وكان نزولهما بقرب باخرة دنمركية صغيرة انتشلتهما وأوصلتهما إلى اسكتلندة بعد أن انقطعت أخبارهما ، وبعد أن ساد الاعتقاد بهلاكهما .

أما عبور المحيط فى طيرة واحدة فقد تم على يد سير جون ألكوك وسير وتن براون فى يونيه سنة ١٩١٩ ، فقد عبراه فى خط مستقيم تقريباً يصل ما بين أمريكا و إنجلترا فى نحو ١٦ ساعة على طيارة من طراز فيكرز وفيمى من ذات المحركين اللذين من طراز رولزرويس .

وفى أواخر سنة ١٩١٩ تم الطيران من إنجلترا إلى استراليا على يد سير روس سمث



(شكل ١١٢) محل الركاب فى طائرة حديثة من طراز فيكرز

وشقيقه سير كيث سمث ورفيقين لهما فى ظرف ثلاثين يوما على طائرة من طراز فيكرز وفيمى . ومنذ ذلك الوقت كثر عبور الطيارين للمحيط الأطلسى من الغرب إلى الشرق ، وفى سنة ١٩٢٨ تم عبوره من الشرق إلى الغرب .

وصنعت أول طائرة من الخشب ، ولكن فى سنة ١٩١٩ كان قد تم صنع أكثر من ألف طائرة من المعدن ، واقتنع الخبراء بإمكان صنع طائرات تزن الواحدة منها ألف طن . ووصلت سرعة الطائرات الآن إلى مائتى ميل فى الساعة مع أن أقصى سرعة بلغتها

سنة ١٩١٩ كانت مائة وخمسين ميلا . ولو كان فى الإمكان الصعود فى طبقات الجو العليا إلى ارتفاع قدره خمسون ميلا لما أبدى الهواء عندئذ مقاومة تذكر ، ولبلغت السرعة ألف ميل فى الساعة فتستطيع بذلك أن تسير طيارة حول الأرض دون أن ترى الشمس تغرب .

وبعد فقد استكشف الإنسان لنفسه طريقاً جديداً لأسفاره ، وهو طريق يؤدى إلى كل مكان ، ولا يحتاج لتمهيد أو إصلاح من آن لآن . وبذا ابتدأ عهد جديد لتقدم المدنية . وسيكشف لنا المستقبل ما إذا كنا سنتخطى حدود كوكبنا الصغير الذى نقيم عليه ونعنى به هذه الأرض ، فنفلت منه إلى ذلك الفضاء الكائن ما بين الكواكب والنجوم ، أو سنبقى فى كوكبنا هذا محبوسين إلى أن يشاء الله .

الفصل العشرون

الغواصـــة

المكان الطبيعي لسير السفن هو سطح ماء البحر أو ماء النهر . وإن أسلافنا الأقدمين ما كانوا يتوانون عن الضحك لو حدثهم أحد باستطاعة سير السفن تحت الماء ، بل إنهم كانوا يتبعون الضحك بالسخرية من الحديث وصاحبه ، فأين الهواء الذى يستنشقه البحارة وهم تحت الماء ؟ وكيف يستطيعون أن يشقوا طريقهم فى ظلام الأعماق ؟ بل أنى لهم أن يديروا أية آلة بخارية دون وجود الهواء ، والنار كما نعلم لا تشتعل إلا إذا وجد الهواء ؟ وآلات الإحتراق الداخلى التى تدار بالبترول أو بالبنزين تحتاج للهواء لكى يتحد ببخار البترول أو بخار البنزين ويسبب الانفجار الذى يدفع بالآلة إلى الحركة . ونرى ذلك فى السيارات ورافعات المياه البترولية . فكيف تستطيع إذن سفينة أن تسير فى جوف الماء ؟

لقد استطاع الأقدمون الغوص تحت الماء فى ناقوس الغوص . ولكن هذا الناقوس لم يكن سفينة تجرى بل كان وسيلة للبقاء تحت الماء فى مكان مختار لإنجاز عمل خاص . ولقد وصف أرسطو ناقوساً من هذا النوع استعمل فى حصار بلدة صور منذ أكثر من ألفى سنة ، ونراه فى وصفه يشير إلى غواصين مجهزين بأنبوبة للهواء « تشبه خرطوم الفيل » يصل إليهم الهواء اللازم من خلالها . ويقال إن الاسكندر الأكبر استخدم الغواصين فى الحروب . ونرى بلايني يتحدث عن جهاز غوص عظيم ، ويشير بيكون إلى أنابيب الهواء التى استعملها الغواصون .

وحدث سنة ١٥٧٩ أن اخترع وليم بورن من رجال المدفعية الإنجليزية قارباً غواصاً ذا مفاصل جلدية تتسع وتضيق حسب الإرادة بوسائل آلية ، وبذلك يكبر حجم القارب ويصغر حسب الإرادة . فإذا أراد السير على سطح الماء جعل القارب فى أكبر حجومه ، وإن رغب تغطيسه فى الماء صغر حجمه فلا يستطيع أن يدفعه الماء إلى أعلى فيهوى إلى

الأعماق ، منقاداً فى حالتى طفوه وانغماره لقاعدة أرشميدس . ولـكن كيف استطاع هذا الرجل أن يتنفس وهو تحت الماء ؟ لقد ركب فى قاربه سارية مجوفة ترتفع حتى سطح الماء حيث الهواء . وظاهر أن قمة هذه السارية أو الأنبوبة لابد أن تكون دائما متصلة بالهواء .

وفى عصر الملك جيمس الأول اخترع هولندى يدعى كونيليوس فان دربل ، وكان قد أقام فى انجلترا بعد سنة ١٦٠٠ ، قوارب غواصة جربها فى نهر التاميز . ويقال إن الملك جيمس صحبه فى إحدى سياحاته تحت المـاء . وفى سنة ١٦٢٦ أباح الملك شارل الأول لهذا المخترع نفسه أن يبنى « قوارب تسير تحت الماء » وأن يصنع كذلك « ألغاماً وأسهماً نارية مائية » . واقترح هذا الرجل على الملك شارل بناء غواصات لـكى يستعملها فى حربه ضد فرنسا . لـكن شيئا من ذلك لم يتم .

واستعملت الغواصات لأول مرة فى حروب الاستقلال الأمريكية أى منذ أكثر من مائة وخمسين سنة . فقد صنع أمريكى يدعى بوشنل غواصة صغيرة من الخشب تستطيع أن تسبح فى جوف الماء حتى تصل إلى ما تحت قرار إحدى السفن المعادية ، وهناك تترك لغما لنسفها . وكانت السفن الحربية فى تلك الأيام تصنع من الخشب ، فكان راكب الغواصة يستطيع أن يدق فى قرار السفينة مسماراً يربط به حبل قنبلة أو لغم ينفجر بعـد مضى زمن معين ، وذلك بوساطة تركيب آلى خاص .

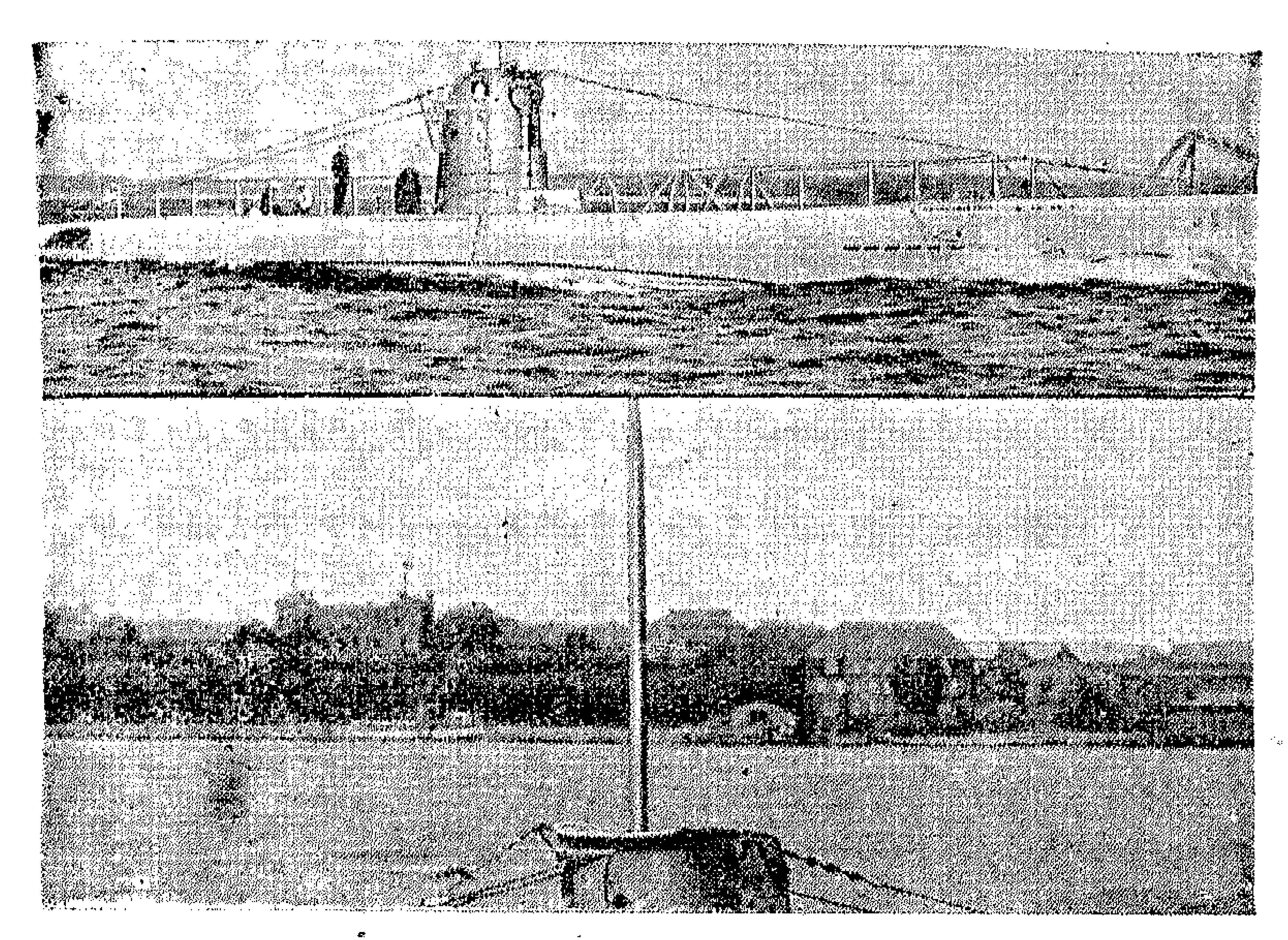
وبذل المخترعون جهوداً أخرى فى بناء الغواصات ، ولـكنهم لم يجدوا التشجيع الـكافى . وكانت بعض هـذه الغواصات الأولى تسير تحت المـاء بالمجاذيف ، وبعضها بمحركات تديرها الأيدى والأرجل . واخترع الأمريكى الشهير روبرت فلتون ، وهو الذى اخترع أول سفينة بخارية أمريكية ، غواصة يشبه هيكلها الغواصة الحديثة أى كالسيجارة ، لها محرك يدار بالأيدى ، وغاص بها فى برست وبرفقته ثلاثة رجال إلى عمق خمس وعشرين قدماً تحت الماء ، واستطاع أن ينسف سفينة عتيقة . وغاص مرة أخرى فى نهر السين وصحبه رجلان وظلا تحت المـاء عشرين دقيقة . ثم غاص وحده تحت المـاء وظل ساعات متواليات بعد أن حمل قاربه هواء مضغوطا . وقدم اختراعه هـذا لفرنسا وانجلترا وأمريكا ولـكنه قوبل بالرفض من الجميع .

وفكر أمريكى آخر سنة ١٨٢١ هو الـكابتن جونسون فى أن ينقذ نابليون من أسره فى جزيرة القديسة هيلانة . وأنشأ لذلك غواصة طولها مائة قدم . ولـكن نابليون وافاه أجله قبل أن تعد هذه الغواصة للسفر . أما الغواصة التى استعملها الإمريكيون فى حرب الاستقلال لنسف السفن البريطانية فقـد اخترعها بوشنل الأمريكى ، وكانت تسمى « سلحفاة » وهى عبارة عن قارب صغير لا يسع إلا شخصاً واحدا . ومن الغريب أن هذا الرجل هو الذى اخترع ما يسمى « عمود الأمن » الذى يطلقه عند اللزوم إذا ما أصاب الغواصة عطب . وقد أخذ الفرنسيون والأمريكيون عنه هذه الفكرة لما بدأوا يصنعون الغواصات بعد ذلك . ولـكن استعمال « السلاحف » هذه فى نسف السفن كان يعرضها هى وراكبها للخطر فتنسف مع السفينة المنسوفة .

واخترع مهندس سويدى غواصة تسيرها آلة بخارية . ومعقول أن تسير غواصة على سطح المـاء بالآلة البخارية ، ولـكن كيف تسنى له أن يسير بها فى جوف الماء ؟ كان حينما يبدأ الغوص يطفىء النار معتمداً على ما تبقى من البخار فى المرجل وتوابعه . ومعنى هذا بالطبع أنه لا يستطيع السفر طويلا تحت المـاء ، إلا أنه مع ذلك كان أول من سير سفينة تحت الماء بوساطة آلة محركة .

وبدأ الفرنسيون سـنة ١٨٨٩ يخترعون غواصات يمكن الإعتماد عليها . ومن حسن الحظ أن المحركات الـكهربائية كانت قد اخترعت إذ ذاك فساعدت فى هـذا السبيل مساعدة عظيمة ، ولقد مر بنا كيف أن المحركات الـكهربائية يمكن أن تدار بالبطاريات التى لا تحتاج إلى هواء كما تحتاج الآلات الأخرى . وكانت أولى الغواصات الفرنسية فى حجم القارب العادى الصغير ، وتسع رجلين أو ثلاثة على الأكثر . ثم بدا لهم وجوب تكبير حجم الغواصة فمضوا يكبرون الحجم يوماً بعـد يوم حتى بلغ طول الواحدة منها مائة قدم . واستطاعت غواصة فرنسية أن تقترب من سفينة فرنسية حربية كبيرة ، وأن تربط بأسفلها لغما غير محمل بالبارود على غرة من بحارة هذه السفينة .

وبينما كان الفرنسيون ينشئون هـذه الغواصات التجريبية كان الأمريكيون من جهة أخرى ماضين فى سبيلهم يجرون تجارب فى هـذا الصدد . ولم يقل نجاحهم فيها عن



(شكل ١١٣) صورتان التقطتا فى ميناء كييل للغواصة الألمانية رقم ٨
وهى أحدث وأعظم الغواصات الألمانية

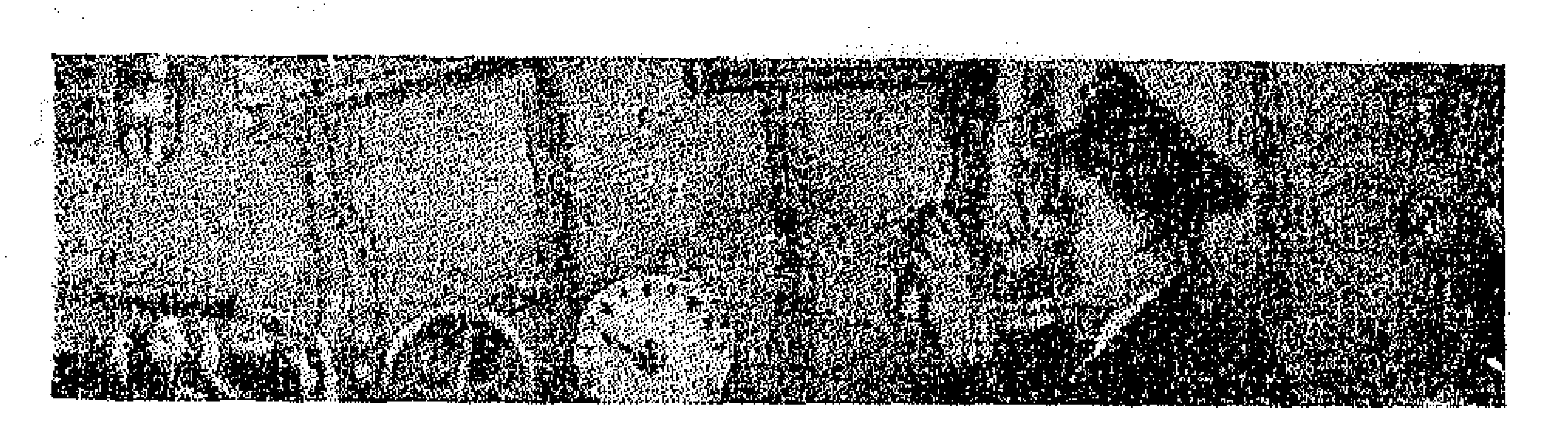
نجاح زملائهم الفرنسيين . ولما رأى الانجليز أن الغواصات قد وصلت إلى هذا الطور العملى بدأوا هم أيضاً ينشئون الغواصات محتذين السبيل عينه . وفى ذلك الوقت اخترع « برج الدخول » وهو عبارة عن قبة قطرها قدمان وارتفاعها قدم ونصف قدم ، منها يدخل البحارة إلى جوف السفينة . ثم تدرج هـذا البرج حتى صار البحارة يصعدون إليه على سلم .

ونحن إذ نرقب غواصة سائرة على سطح الماء نراها تبدو لنا كأنها سحابة من رشاش أبيض تتحرك بسرعة على السطح . وإذا ما تسلق جميع رجالها البرج وهبطوا منـه إلى الداخل فإن غطاءه أو قبته تقفل بإحكام ، ثم تمرق الغواصة إلى الأمام وبعدئذ تهبط فى الماء وتنغمر فيه فلا يظهر منها إلا برجها . فـكيف غاصت فى الماء ؟ إنها غاصت عن طريق تثقيل جسمها ، وذلك بملء صهاريج فيها بماء البحر بوساطة مضخات خاصة ، فيثقل وزنها وتغطس فى الماء . ويقف كل رجل من رجالها فى مكانه المعين له ، ويبقى فيـه ما دامت الغواصة فى جوف الماء . ويظل البحارة بجوار المضخات على استعداد لملء الصهاريج بماء

البحر لتكبير ثقل الغواصة حتى تهوى إلى العمق المطلوب . ويقف بعض البحارة بجوار المحركات الـكهربائية التى تسير الغواصة تحت المـاء فكأنما هى سمكة كبيرة الجرم . ويلازم بعض البحارة الأنابيب التى تنطلق منها قذائف التور بيدو المدمرة لـكى يطلقوها عند اللزوم .

جولة فى غواصة أثناء الحرب

ولنفرض أننا الآن داخل غواصة فى جوف البحر . فهل نتوقع أن يكتنفنا السكون من كل جانب ؟ كلا بل يكاد الركاب لا يسمعون شيئاً من فرط جلبـة الآلات . وكل فرد منهم منتبه لعمله يؤدى على الفور كل ما يؤمر به . ولا يرى أحد منهم ما يحدث عند السطح إلا الضابط الذى يجلس عند المنظار يقود الغواصة .



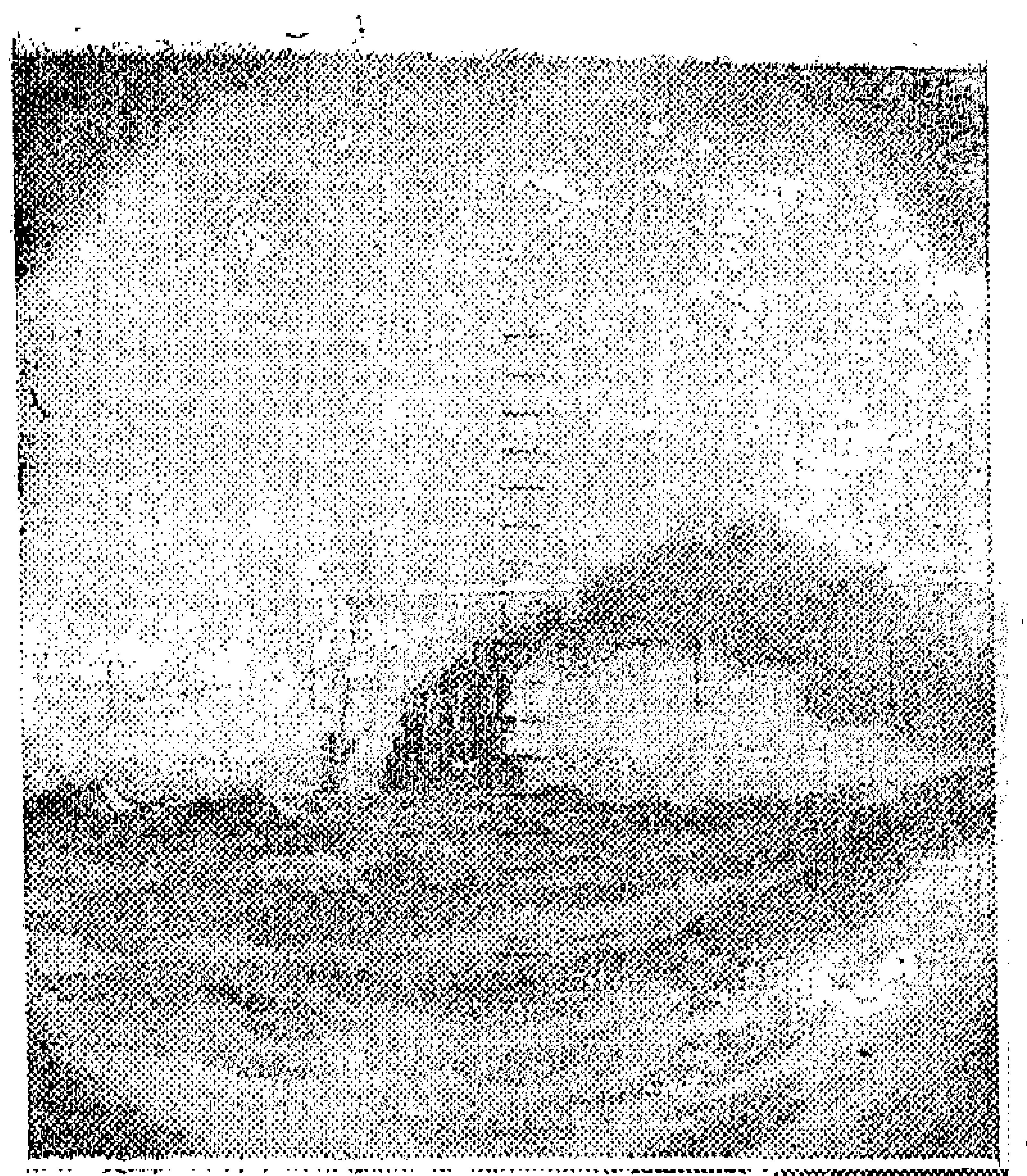
(شكل ١١٤) ضابط الغواصة ينظر خلال منظاره المسمى عين الغواصة

وقد تسألنى عن قفص الجرذان البيضاء الذى يوضع بجرذانه عادة فى قلب الغواصة ، فأقول لك إنه الآن غير موجود . فالبحارة فى الواقع كانوا يأخذون معهم هـذه الجرذان لأنها أسرع من الإنسان فى إدراك وجود الغازات أو الأبخرة السامة أو التى لا تساعد على التنفس . فإذا ما بدأت هذه الجرذان صئيها عرف البحارة أن الوقت قد آن للصعود إلى السطح لتجديد الهواء . أما اليوم فقد استبعدت هـذه الجرذان لأن الغواصات أصبحت مجهزة أدق تجهيز ، وفيها من سبل الوقاية ما لا يصح أن يذكر بجانبه وجود الجرذان .

هوت الغواصة إلى جوف المـاء ، وكل فى مكان عمله لا يدرى مصيره ، يأتمر الـكل بأمر الضابط الموكول إليه أمر المنظار ويظلون تحت رحمته . فهو الذى يقرر متى يصعدون إلى السطح آمنين وإلى متى يظلون مختفين عن الأنظار . وتسير الغواصة فى منطقة الحرب آمنة مطمئنة إلى أن يرى الضابط عوامة حمراء تعدو وراء الغواصة ، وتلازمها أنى سارت .

فإذا ما رآها تتبعه أينما اتجه يدرك على الفور أن الغواصة قد أمسكت بسلسلة هذه العوامة . ثم يلاحظ أن ثمت باخرة تعدو فى أثر العوامة ، فيذهب إلى جهاز إدراك الأصوات فيسمع أصوات قاذفات التوربيدو وهى تقترب من غواصته تريد اقتناصها أو إغراقها . ثم يعود إلى منظاره فيرى خمساً من هـذه القاذفات تحيط بالغواصة من علٍ ، فيصدر أمره إلى البحارة لـكى يملأوا الصهاريج ، فتهوى الغواصة إلى منسوب أعمق .

ثم إذا بركاب الغواصة يشعرون أنها تندفع بهم إلى الأمام ثم تعود إلى الوراء بشكل غريب . فيدهشون لذلك لأنه لوجاز عند سطح الماء فهو لا يجوز فى الأعماق . ولـكن ذلك يدل على أن شبكة من شباك العـــدو قد اقتنصت الغواصة . فهل يسلم الضابط دون دفاع أو أية محاولة ؟ كلا . إنه قد يمكث ساعة أو أكثر وهو يهز الشبكة هزاً عنيفا لـكى يفلت منها ، ولـكنها مصنوعة من صلب متين ،



(شكل ١١٥) مايراه الضابط وقد أطلقت غواصته قذيفة على باخرة فأغرقتها

وإذن فلا بد من زيادة ثقل الغواصة إلى أكبر حد ممكن أملا فى تفكك الشبكة فتفلت الغواصة منهـا . وتبدأ المضخات عملها فتملأ الصهاريج . وما هى إلا فترة بعدها تشعر الغواصة بهزة عنيفة فجائية ترجها رجا ، فيعرف ركابها أنها قد أفلتت من الشبكة وأنهم صاروا أحراراً مرة أخرى .

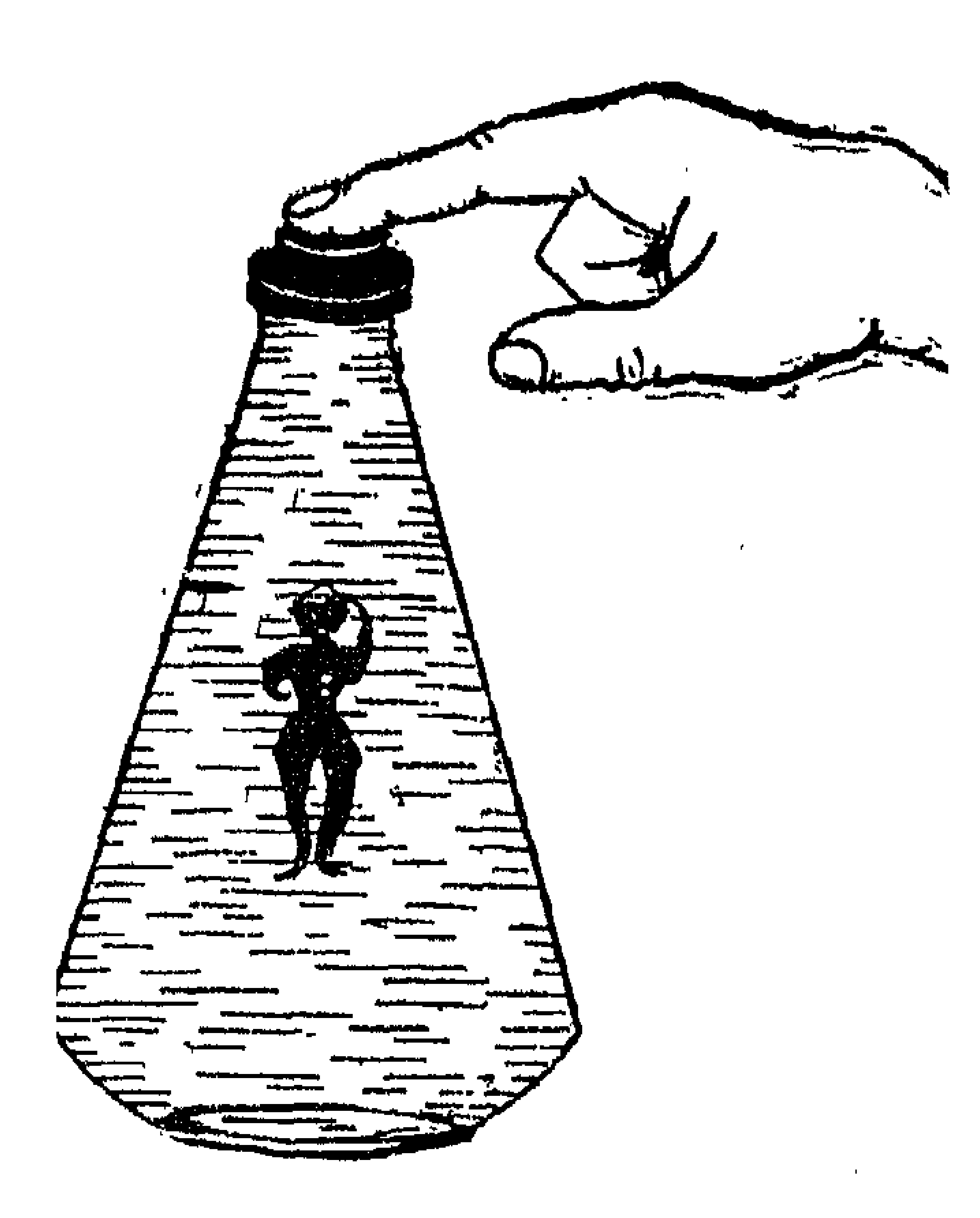
وفى خلال هـذا الـكفاح أو تلك المعركة تختل البوصلة والأجهزة الأخرى فيعيدها البحارة إلى حالتها الأولى ، وتبقى الغواصة فى جوف الماء حتى يتأكد الضابط القائد من زوال الخطر فيصدر أمره بالصعود إلى السطح . وعندئذ يبدأ البحارة فى تفريغ الصهاريج

بالتدريج وفى غير ضجة حتى لا تلتفت إليهم أنظار العدو المهاجم المطارد الذى قد يكون قريباً منهم ، و إلا اضطروا للغوص مرة أخرى والسير تحت الماء حتى يبتعدوا عن منطقة الخطر .

فى خصائص الغواصات

قد يسأل سائل هل تستطيع الغواصـــة أن تصعد إلى السطح من الأعماق فى حالة ما لو تلفت المضخات ؟ والجواب أن الغواصة فى هـذا الصدد لا تعتمد على المضخات وحدها لتفريغ الصهـاريج . فالمضخات تستخدم فى إرغام ماء البحر على الدخول فى الصهاريج ، ولـكنّ فى كل غواصة مقداراً كبيراً من الهواء المضغوط المخزون ، وهذا هو الذى يستطيع بسهولة أن يرغم الماء على الخروج .

ولتقريب ذلك إلى الفهم نتقدم بتلك اللعبـة القديمة المعروفة وهى لعبة الغواص الزجاجى الذى يسبح فى قارورة مملوءة ماء ، وفوهة هذه القارورة مغطاة بقطعة من المطاط المتين تمنع هذا الغواص السجين من مغادرة الماء . ولـكن كيف استطاع هذا الغواص أن يعتدل فى وقفته ؟ ذلك لأنه مجوف ولأن قليلا من المـاء يستقر فى جوفه فيجعل قدميه تتجهان إلى أسفل . ولئن ضغطت بإصبعك على قطعة المطاط هـذه رأيت الرجل يهبط حتى يصل إلى قرار القارورة . ومتى ما رفعت إصبعك ارتفع الرجل أيضاً . وتستطيع أن تجعل الرجل يهبط إلى أى عمق تريده ، وذلك بتغيير مقـدار ضغط الإصبع . ولـكن ما علاقة هذا كله بالغواصات ؟ علاقة ذلك أن القاعدة التى على مقتضاها يهبط هـذا الرجل أو يعلو هى نفس القاعدة التى على مقتضاها تهبط الغواصة أو تعلو . فالذى يحدث للرجل عند ما تضغط بيدك الغطاء المطاطى هو أنك تدفع ببعض الماء إلى الدخول فى جوفه من خلال ثقب صغير جداً فيه . فإذا ما دخل الماء فى جوفه ثقل وزنه وغطس . ولما كان هذا الرجل الزجاجى الأجوف مملوءاً بالهواء ، فإن المـاء يضغط هذا الهواء فيقل حيزه مخلياً الطريق للماء ، وذلك عند ضغط الإصبع . وعنـد رفع الإصبع يقل الضغط على المطاط ، ثم على الماء والهواء المحبوس ، فيدفع هذا الهواء المحبوس الماء الذى دخل فى جوف الرجل إلى الخروج ، وبذلك يستعيد خفة وزنه الأولى فيرتفع إلى السطح .


(شكل ١١٦) لعبة الرجل الزجاجى

وأما فى الغواصة فنحن ندفع الماء إلى الصهاريج بوساطة المضخات فتغوص فى الماء ، فإذا أريد رفعها إلى السطح فكل مايصنعه بحارتها أن يفتحوا صمامات خاصة تصل الهواء المضغوط بالصهاريج ، فيدفع هذا الهواء المضغوط الماء إلى خارجها وترتفع الغواصة من ثم .

وقد يسأل سائل كيف يعرف قائد الغواصة العمق الذى هوت إليه غواصته ، فنقول له إن هذا يسهل إدراكه عن طريق مقياس ضغط أومانومتر . فالسطح الخالص لهذا المقياس يتصل بماء البحر ، وكلما تعمقت الغواصة زاد ضغط الماء عليه . وعلى ذلك يرغم بعض الماء على الدخول فى هذا المقياس . وتتساوى الضغوط عند الأعماق المتساوية . والمقياس مدرج ، ومن نظرة واحدة إلى موضع سطح الماء فى المقياس يستطيع القائد أن يعرف بالضبط العمق الذى هوت إليه غواصته فى جوف الماء . ولهذا المقياس ميناء مدرجة وعقرب يتحرك بحسب ارتفاع الماء وانخفاضه فى المقياس .

وقد يسأل آخر كيف يتمكن القائد من المحافظة على اعتدال غواصته فى وضع أفقى تحت الماء . والواقع أن هناك بندولا هو الذى يساعد على ضبط الغواصة فى الوضع الصحيح . فإذا ارتفع مقدم الغواصة إلى أعلى قليلا فإن ثقل البندول يميل ناحية مؤخرتها ، والعكس بالعكس . أما إذا كان البندول مستقيم الوضع عموديا على سطح الغواصة فإنها عندئذ تكون فى وضعها الصحيح المعتدل . ولكن هب أن قائد الغواصة رآها قد ارتفعت أو انخفضت بمقدمها فكيف يعيدها إلى الوضع الصحيح ؟ إن لديه فيها دفتين على الجانبين من ناحية المؤخرة ، وهاتان الدفتان تنبثقان من الجانبين فى اتجاه أفقى ، وهما غير رأسيتين كالدفة العادية . فبتحريك هاتين الدفتين يستطيع القائد أن يجعل الغواصة تعلو أو تنخفض من جهة

المقدمة حسب الإرادة ، و بهاتين الدفتين ومراعاة البندول يستطيع القائد أن يجعل الغواصة في الوضع الذى يريده مهما كانت غائرة تحت سطح الماء .

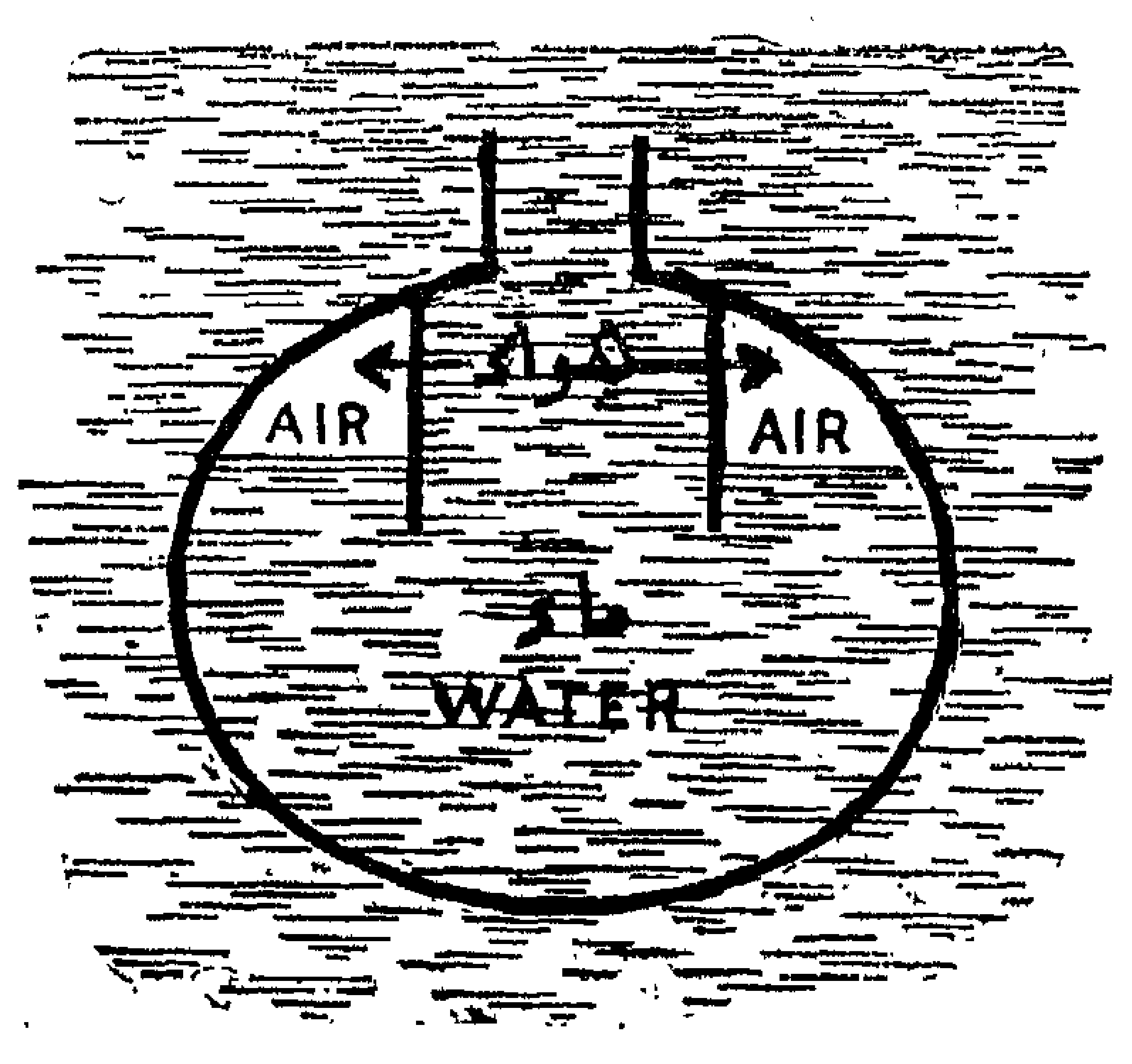
بعد هذا نعود إلى ما يقذف إلى خارجها من قذائف التوربيدو المدمرة ، فكيف تخرج منها هذه القذائف وهى تحت الماء دون أن يندفع الماء إلى جوفها ؟ الواقع أنه توجد على جانبى الغواصة أنابيب لقذف التوربيدو . ولكل أنبوبة من هذه الأنابيب بابان محكمان واحد عند كل طرف ، فبعد أن تعد الغواصة فى الوضع المناسب للقذف يفتح الباب الداخلى ويبقى الخارجي مغلقاً ، ثم توضع القذيفة فى الأنبوبة و بعدئذ يغلق الباب الداخلى ويفتح الخارجي ثم تطلق القذيفة .

أما مسألة التنفس فنحن نعرف أن الغواص وهو فى لباس الغوص يحصل على إيراد منتظم من الهواء الوارد إليه من السطح . وهذا الهواء يضخ إليه من قارب بوساطة مضخة هواء خلال أنابيب من المطاط تصل الغواص بالمضخة . وظاهر أن هذا غير ميسور مع الغواصة ، لأن الأساس فيها أن تكون مستقلة عن أية سفينة أخرى ، وأن تقترب من سفن العدو دون أن يراها أحد ولذلك فإن الهواء يخزن فى أوان خاصة يسحبونه منها عند اللزوم . وهم لا يفتحون صمامات لكى يصل الهواء إليهم بل توجد أنابيب ذات صمامات يخرج الهواء منها إليهم باستمرار . وهذا وحده يكفى لمدهم بالهواء اللازم للتنفس . ولا يخزن الأكسيجين فى الأسطوانات بدلا من الهواء لأن استنشاق الأكسيجين يزيد فى نشاط مستنشقه ، وقد يثيره . والمفروض فى بحارة الغواصة أن يظلوا هادئين وادعين .

وهل يستطيع البحارة أن يتخلصوا من الغواصة إذا حدث أن أصابها عطب فغرقت ؟ والجواب أنه يمكن إنقاذهم فى بعض الحالات . ولكن إذا حدث أن غرقت الغواصة فى مكان عميق فإن الأمل فى إنقاذهم ينعدم . وقد اخترعت وسيلة الإنقاذ فى الحالات الممكنة وجربت فى أحواض التجارب البحرية . وذلك أن توضع غواصة فى أسفل الحوض تسمى « الغواصة الخرساء » وفيها يقوم البحارة بإجراء التجارب . فيلبس البحارة كمامة وصدرية خاصتين بالغوص ، ثم يفتح برج الدخول ويرتفع سابحاً إلى سطحه . ولكن قد يعترض معترض بأن الماء يندفع إلى الغواصة فيملؤها فلا يجد البحار هواء يستنشقه

وقد يحدث هذا حقيقة إلا إذا وجد البحار الهواء اللازم له فى الغواصة المعطوبة . وهذا ينحصر فى جهتين منها وتكون الغواصة كالكوب المنكس فى الماء والذى فيه بعض الهواء ، والواقع أنه إذا حدث ثقب فى أعلى الغواصة فإن الماء يندفع إلى داخلها وتحبس فى بعض جهاتها مقادير من الهواء . ففى هذه الأجزاء التى يحبس الهواء فيها توضع كمامة الغوص وصدريته . ولا يخفى أن فى الكمامة بعض المواد الكيماوية التى تخرج الأكسيجين . فإذا ما انتهى البحار إلى ذلك سعى لكى يخرج من الغواصة خلال الفتحة . فإذا ما خرج طفا حتى بلغ السطح ونجا .

والغواصة ما دامت معلقة فى الماء فهى لا تقف فى مكان ، وإلا فإنها ترتفع إلى السطح . ولا يمكنها أن تقف تحت الماء إلا إذا أدركت القاع فاستقرت عنده . وهى قد تقف عند أى عمق ولكن عن طريق المرساة . وهذا صعب بلوغه . وفى بعض الغواصات تربط أجسام تسمى « قرينة الأمن »



(شكل ١١٧) كيف يحبس الهواء فى غواصته

وهذه يمكن إطلاقها فى حالة حدوث حادث ، فتستطيع الغواصة أن ترتفع إلى السطح ، وذلك فى حالة تعذر طرد الماء المتخذ كصابورة .

وأما سرعة الغواصة فواضح أنها عند السطح تكون أكبر منها فى جوف الماء ، لأن الغواصة فى الحالة الأولى تسير بالآلات البترولية ، أما تحت الماء فتعتمد فى حركتها على البطاريات الكهربائية التى تدير المحركات الكهربائية . وتبلغ السرعة عند السطح عشرين ميلا فى الساعة ، أما فى جوف الماء فلا يمكن أن تزيد عن نصف هذه السرعة . وأطول مسافة تستطيع الغواصة قطعها وهى سائرة بأكبر سرعة ثلاثة آلاف ميل ، ولكنها تستطيع أن تقطع ضعف هذه المسافة لو أنها سارت بسرعة منخفضة . وذلك

لأنه كلما زادت السرعة كان الوقود المستهلك أكثر .

ولم تعد صناعة الغواصات بعد ذلك عقدة من العقد المستعصية ، فقد أصبح بناؤها ميسوراً جداً ، وإعدادها ميسوراً أيضاً . وإنما عقدة العقد فى المستقبل هى كيف تتقى الغواصات فى الحروب وكيف تصد عن الهجوم . على أنه لو تغلبت الإنسانية على ميول الشر جميعها أصبحت الغواصة أداة نفع عظيم لا مجلبة لشر مستطير .

الفصل الحادي والعشرون

المحركات الشمسية

وقف اثنان يوماً يرقبان قطاراً سائراً من قطر السكة الحديدية فسأل أحدهما زميله :

قال « وما الذى يحرك القطار ؟ » فأجابه « القاطرة » .

قال « وما الذى يحرك القاطرة ؟ » فأجابه « البخار » .

قال « وما الذى يحدث البخار ؟ » فأجابه « الفحم » .

قال « وما الذى يحدث الفحم ؟ » فأجابه « الشمس » .

والواقع إن أشعة الشمس « المعبأة » التى تحرك القاطرة قد خزنت منذ ملايين السنين فى الغابات الكثيفة التى كانت تغطى سطح الأرض فى ذلك الوقت . وأشعة الشمس هى التى تبنى كل يوم منسوج النبات ، وهى التى تنميه . ومن التغيرات الجيولوجية التى عمت الأرض فى القديم وقف هـذا النمو فى بعض الجهات ، وانسحقت المزروعات من كثرة التكدس ، وتحولت إلى حفريات من جراء الضغوط الشديدة الحادثة من تراكم الصخور وغيرها من أنواع الردم . ونحن اليوم نرمى « بالماس الأسود » فى الأفران والوجاقات نطلب الحرارة والقوة . وذلك تراث ورثناه من قديم الزمان ، من يوم أن نزع الإنسان الأول إلى إيقاد النار جاهلا مصدرها الحقيقى .

ونحن نرى تأثير الشمس بشكل مباشر ظاهر فى حركات الريح والماء . وإذا لم تكن الشمس هى التى بتأثيرها الحرارى تصنع لنا البرد والثلج ، وتلقى بالمطر على النجود والجبال فى جميع أنحاء العالم ، لما رأينا مساقط المياه ولا سيولا متدفقة ولا أنهاراً ولا نهيرات يجرى ماؤها فينتعش به الحيوان والنبات والإنسان . ولولا أن الشمس تسخن الجو أيضاً بدرجات مختلفة لما كان هناك نسيم للبر ولا للبحر ، أى لما حل الهواء البارد العليل محل الهواء الساخن اللافح .

إنما نحن نقحم الشمس فى خدمتنا حينما نحرق الوقود ، ولـكن بطريق غير مباشر . وعدا هذا فإن الطواحين الهوائية والمائية قد اتخذت من الشمس خادما طيعة . ولقد قام فى السنين الأخيرة جماعة من العلماء حذرونا مغبة الإسراف فى استعمال الفحم كوقود منذرين بأنه لابد من يوم ينضب فيه معين هـذا الفحم بعد زمن محدود قد يبلغ قرونا ، فلا يملك أبناؤنا فى الأجيال القادمة شيئاً من ذلك التراث الذى أضعناه ، والذى لعب دورا هاما فى الحياة . على أنه ليس هنالك ما يضير الخلف من نفاد الفحم فإن فى الرياح والأنهار ، وفى الشمس نفسها ، المدد المطلوب متى ما أحسن استخدامها . ولا تتطلب الشمس اليوم مجوسا يعبدونها بل تتطلب علماء موهوبين يستثمرونها .

إلمس بيدك جسما تعرض لحر الشمس صيفاً أو شتاء تشعر على الفور بالحرارة ، أو ركز حزمة من أشعة الشمس واستثبتها فى نقطة بعدسة لامة فوق يدك فسرعان ما تسحبها من فرط ما تشعر به من الحرارة . وكلنا نعلم كيف تستخدم أمثال هـذه العدسات فى إيقاد سيجارة أو حرق ورقة أو قطعة من الخشب . ثم تصور بعدئذ أن لديك عدسة يبلغ قطرها عدة أقدام تركز لك أشعة الشمس فى نقطة وضعت فيها مرجلا (قزانا) فإن هذا المرجل يسخن ويتحول ماؤه إلى بخار . وقد يقاد هـذا البخار إلى أسطوانات ويرغم على أداء عمل ما .

وهل نستطيع نحن أن نقدر تلك الطاقة الشمسية العظيمة المنبعثة لنا من الشمس فى يوم من أيام الصيف القائظ ؟ لقد قدرت الحرارة الساقطة فى المناطق الحارة على القدم المربع الواحد من سطح الأرض بأنها تعدل ثلث حصان بخارى ، وعلى ذلك تكون القدرة المستمدة من أشعة الشمس الواقعة على ميل مربع أكبر كثيراً من القوة المستمدة من شلال كشلال نياجارا . وقد يمكن تسيير باخرة بالحرارة التى تتلقاها من الشمس على سطحها لو أمكن تهيئتها بالـكيفية المناسبة .

أول آلة شمسية

ولقد حاول المخترعون منذ قرون أن يستخدموا هذه القوة الهائلة الضائعة عبثاً . وقد

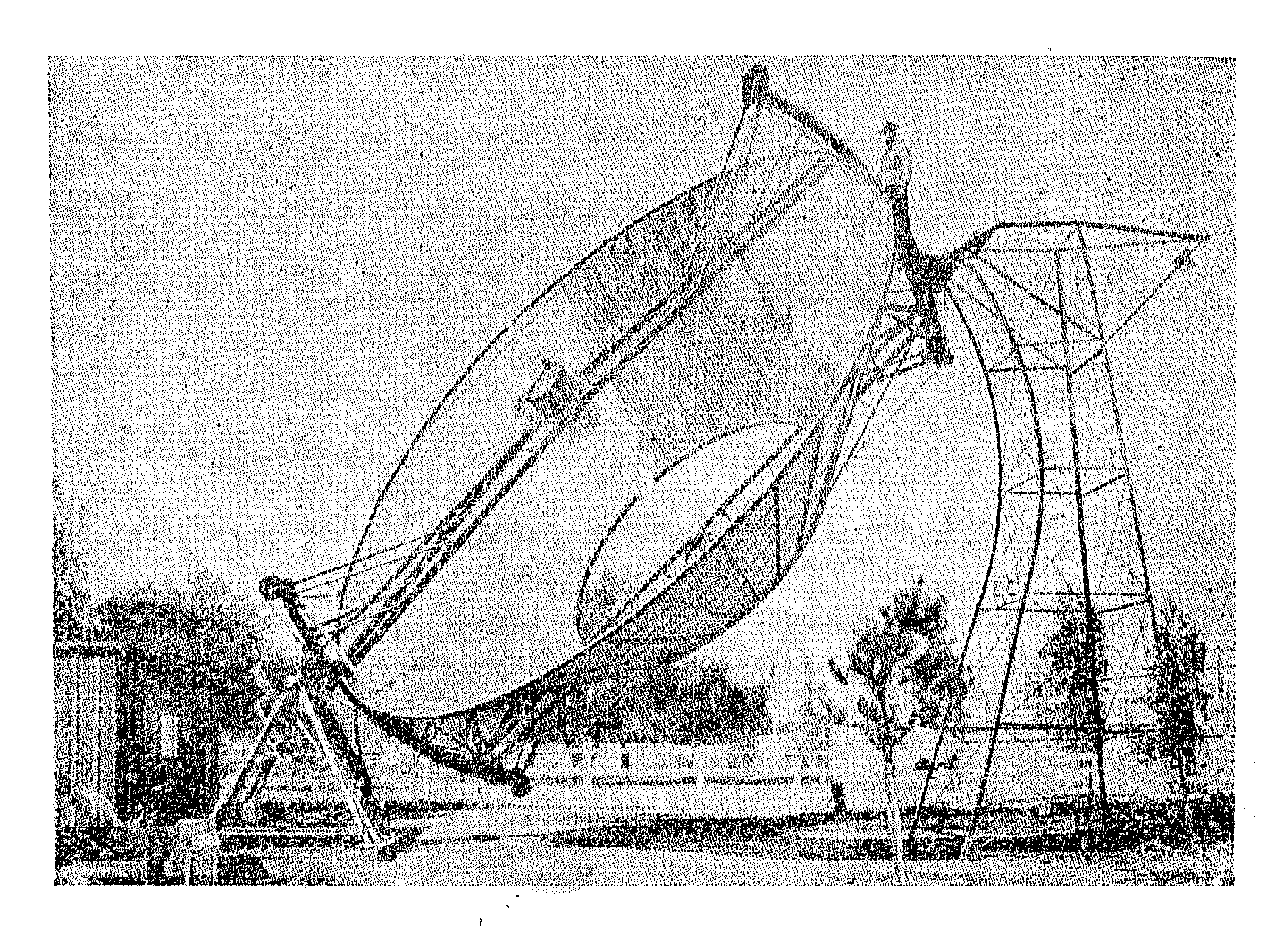
سبق أن ذكرت فى الفصل الأول عند الكلام على العالم أرشميدس ما رواه الرواة عنه من أنه أحرق السفن الرومانيـة التى حاصرت بلدة سرقوسة ، وذلك بتركيز حرارة الشمس الساقطة على مئات من المرايا ثم تسليط الأشعة بعد انعكاسها منها على السفن . وقد يكون فيما رواه الراوون فى هذا الصدد شيء من المبالغة ، ولـكن الرواية تظهر فى جلاء أن الأقدمين قد تنبهوا إلى قوة الشمس الحرارية وأرادوا الانتفاع بها .

على أن أول آلة شمسية عظيمة ظهرت فى الوجود كانت من اختراع رجل إنجليزى يدعى اريكسون ، فقد ركز حرارة الشمس على مرجل بخارى ، فأعطى مايعادل قدرة حصان لـكل مائة قدم مربعة من المرايا العاكسة المركزة المستخدمة ، ولـكن هذه الآلة لم تبلغ من الجودة الحد المرجو لتسرب مقدار كبير من الحرارة .

المحرك الشمسى

وأما فى أمريكا ، وعلى الأخص فى الأصقاع الحارة التى يندر فيهـا وجود الوقود ، والتى إليها ترسل الشمس أشعتها الـكثيفة طوال أيام السنة ، فقد أقيمت قانصات للأشعة من نماذج مختلفة وأسفر استخدامها عن نجاح عظيم . فقد ابتنى الدكتوو وليم كالفر ، وهو من واشنجطون ، فى صحارى أريزونا إطارات ضخمة تحمل مرايا عظيمة . وهذه الإطارات تتحرك على قضبان دائرية لـكى تظل المرايا موجهة للشمس طيلة النهـار من الشروق إلى الغروب . و بلغ عدد هذه المرايا ألفا وستمائة . وتعطى كل مرآة منها عند نقطة التركيز من الحرارة ما يرفع درجة حرارة جرام المـاء إلى ما بين ١٠ درجات و١٥ درجة فهرنهيتية . و بعملية حسابية بسيطة يتضح لك أن المجهود المشترك لهذه المرايا العاكسة المجمعة من الحرارة ما يرفع الدرجة إلى ما بين ١٦٠٠٠ درجة و٢٤٠٠٠ درجة ، مع أن أكبر درجة حرارية معروفة وصل الإنسان إليها هى درجة حرارة القوس الـكهربائى التى تبلغ نحو ستة آلاف على مقياس فهرنهيت .

ومن ثم كان التأثير المشترك لهذه المرايا المحرقة شديدا لا يقاوم . فهى تستطيع فى لحظة أن تصهر الحديد وتجعله لينا كالشمع السـائل ، بل تستطيع أن تحرق الطوب الأخضر



(شكل ١١٨) المحرك الشمسى المستعمل فى كاليفورنيا بأمريكا وهو
يشغل مضخة ترفع من الماء فى الدقيقة ١٤٠٠ جالون

فتحيله طوباً أحمر فى وقت أقصر من وقت القمائن العادية بعشرين مرة ، وهذا عدا ما يكسبه الطوب من متانة تُعجز البنَّاء عند الكسر ، ومن صلابة تكشط أشد أنواع الصلب .

وفى كاليفورنيا توجد محركات شمسية من طراز آخر . ليتصور القارىء قصعة كبيرة مخروطية الشكل وضعت فيها ١٨٠٠ مرآة طول الواحدة منها ثلاثة أقدام وعرضها قدمان ، وقد أعدت هذه القصعة بحيث تواجه الشمس باستمرار كلما تحركت الشمس وذلك بآلة ميكانيكية خاصة . ووضع عند بؤرة المرايا مرجل يبلغ طوله ثلاثة عشر قدماً ونصف قدم ، وقد دهن هذا المرجل بمادة سوداء لكى يمتص الحرارة . وهو يسع مائة جالون من الماء ، ويُغذَّى باستمرار بالماء بجهاز تلقائى (أوتوماتيكى) لكى يتصاعد البخار منه باستمرار طيلة اليوم . ويوجه البخار خلال أنابيب إلى آلة مسلطة على مضخة مائية ترفع فى الدقيقة الواحدة ١٤٠٠ جالون من الماء . وهذه المضخة تشغِّل الآن بنجاح .

والجهاز رخيص جداً إذا روعيت الفائدة الناجمة منه ، والمنتظر أن يعم استعمال المحركات الشمسية فى البلاد التى تتعرض باستمرار لأشعتها المحرقة كصعيد مصر ، فتصبح كالطواحين الهوائية ومداخن المصانع . وبانضمام القوة التى يمكن توليدها من مساقط المياه فى أسوان مثلا إلى قوة المحركات الشمسية الممكن تشييدها هناك نستطيع الحصول على إيراد وافر من القوة الكهربائية التى يمكن استخدامها فى أغراض كثيرة . ولما كانت الحرارة الساقطة على مرآة مساحتها لا تتعدى بضع ياردات مربعة ترفع ١٠٠٠٠٠ جالون من الماء تقريباً فى الساعة فإن الأمل كبير فى استصلاح الصحارى فى حالة ما إذا كان الماء الموجود فى بطن الأرض فى هذه الصحارى كثيراً كأشعة الشمس . وتأثير الماء فى الأرض القاحلة عظيم . وقد استصلح الفرنسيون فى بلاد الجزائر ألوف الأميال المربعة من الأرض الجرداء عن طريق الرى العلمى . أما فى أستراليا فقد حولت الآبار الكثيرة التى حفرت فيها ملايين الأفدنة من صحاراها إلى أرض زراعية صالحة للزرع والاستثمار والسكنى .

ولا يحتاج الأمر فى الواقع إلا إلى تسخير حرارة الشمس فى إيصال الماء إلى الجهات التى حرمتها هذه الشمس عينها من الماء زمناً طويلا . والمحرك الشمسى الآن فى بداية أمره ولا نستطيع أن نتكهن بما سيكون له من أثر فى مستقبل المدنية مع أنه مبنى على قاعدة علمية بسيطة واضحة . ولا نكون مغالين إذا قلنا إنه سيكون فى المستقبل القريب مزاحماً شديد الخطر للفحم والبترول . على أنه يجدر بنا أن نذكر أن إخراج الفحم أو البترول من بطن الأرض ثم تحويله إلى حرارة فيه تطويل للطريق بخلاف استخدام أشعة الشمس مباشرة ، إذ أن استخدامها يختصر الطريق .

وعلى ذلك فليس عمل الشمس قاصراً على ضبط حركات أفراد المجموعة الشمسية ، بل إنها تساعد الحيوان والنبات على الحياة ، وتساعد الإنسان أيضاً حتى فى شؤون الحياة . ولا عجب فى ذلك أليست هى الأم التى ولدت الأرض وما عليها ؟ .

« انتهى »

كتب أخرى للمؤلف

بين تأليف وترجمة

أولا — روايات قصصية :

المملوك المفقود ... ... سنة ١٩٢٦

الأميرة المصرية ... ... سنة ١٩٢٦

ثانيا — كتب علمية :

مذكرات التاريخ الطبيعى ... ... سنة ١٩٢٥

السينماتوغراف وهندسته ... ... سنة ١٩٢٩

علوم العرب الرياضية وانتقالها إلى أوروبا ... ... سنة ١٩٣٠

هرم الجيزة الأكبر — مقاصده وعملياته البنائية ... ... سنة ١٩٣٠

حرب الغازات (محاضرة) ... ... سنة ١٩٣١


Bibliotheca Alexandrina
0428237